

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 93 стр., 12 рис., 14 табл., 26 источников, 4 приложение.

Ключевые слова: Описание предприятия и технологического процесса, расчетная нагрузка, картограмма и определение электрических нагрузок, выбор числа и мощности трансформаторов, электроснабжение цеха насосного отделения, выбор оборудования, однолинейная схема, финансовый менеджмент, социальная ответственность.

В дипломном проекте разрабатывается схема электрификации промышленной насосной станции, отдельного цеха АО «ПО «ЭХЗ», поставляющий воду в основные цеха для производства основного продукта.

Цель работы: разработка системы электроснабжения промышленного предприятия. Экономическое обоснование принятых решений.

В процессе проектирования произведен выбор и метод расчета завода и поэтапный расчет рассматриваемого цеха насосного отделения, выбрано оборудовано в соответствии с его различными режимами работы, определена картограмма центра электрических нагрузок, выбор сечения питающей линии, выбор аппаратов защиты цеха, расчет тока (К/З) ниже 1000 в, построена карта селективности для аппаратов защиты, построена эпюра отклонения напряжения.

В результате исследования было спроектирована модель электроснабжения предприятия и цеха насосного отделения, представлен расчет бюджета затрат на оборудование и безопасность для окружающей среды.

Основные технологические и технико-эксплуатационные характеристики: рассматриваемое предприятие состоит из двенадцати цехов; напряжение питающей линии 110 кВ; рабочие напряжения внутри завода: 0,4, 0,6, 10 кВ; схема внутриводской сети – радиальная.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Введение

1. Описание предприятия и технологического процесс. Исходные данные
2. Определение расчетных электрических нагрузок
  - 2.1. Определение в целом расчетной нагрузки предприятия
3. Картограмма центра электрических нагрузок, определение
4. Схема электроснабжения внешнего и внутрипроизводственного
  - 4.1. Выбор для ГПП мощность трансформаторов
  - 4.2. Выбор мощность и число трансформаторов цеховых подстанций
  - 4.3. Техничко-экономический расчет мощности батарей статических конденсаторов и выбор места их установки
  - 4.4. Схема внешнего электроснабжения
5. Электроснабжение насосного цеха
  - 5.1. Определение электрической и расчетной нагрузки цеха
  - 5.2. Выбор мощность и число цеховых ТП
  - 5.3. Выбор сечений питающей сети цехом
  - 5.4. Выбор защитных аппаратов и управления цехом
6. Расчет тока короткого замыкания ниже 1000 В
7. Построение карты селективности для аппаратов защиты
8. Построение эпюры отклонения напряжения
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективности и ресурсосбережение
10. Социальная ответственность
11. Заключение
12. Список литературы

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Генплан предприятия. Картограмма и распределение

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Схема электроснабжения принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Схема силовой сети насосного цеха

ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Электроснабжение насосного цеха. Однолинейная схема

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 Эпюра отклонения напряжения. Карта селективности защит

## **Введение**

Работа всей промышленности в настоящее время связана с использованием электроэнергии, получаемой от электрических станций.

Остановимся на некоторых важных особенностях электроснабжения промышленных предприятий:

1. Процесс производства, потребления и распределения электроэнергии приводит к тому, что нельзя произвести электроэнергию, не имея потребителей для нее. При этом следует взять во внимание, что преобразование, потребление и распределение электроэнергии на всех уровнях электроснабжения происходит с потерями на всех уровнях.

2. В системе электроснабжения требуется обязательное применения специальных автоматических устройств для быстроты протекания переходных процессов. Основное назначение устройств этих это обеспечение функционирования системы электроснабжения, заключающееся в передаче электроэнергии соответствующего качества и в необходимом количестве от источника к месту потребления.

3. Особенность предприятий различных отраслей промышленности заключаются в неравномерности процесса производства, изменении развития и технологического процесса, увеличении электроемкости, надежности электроснабжения, гибкость схемы, применения изделий конкретных в электротехнической промышленности.

Приведенные особенности этих данных, электроснабжение позволяют рассматривать предприятия как самостоятельную подсистему в системе производства.

## 1. Описание предприятия и технологического процесса.

### Исходные данные

АО «ПО Электрохимический завод» расположен в г. Зеленогорске (был известен как Красноярск-45), примерно в 150 км восточнее г. Красноярска. Город Зеленогорск - закрытое административно-территориальное образование (ЗАТО) - основан в мае 1956 года. Численность населения составляет около 60 тысяч человек. АО «ПО ЭХЗ» является градообразующим предприятием. Производство высокообогащенного урана на заводе началось в 1962 году. Пуск завода завершил создание комплекса из четырех разделительных предприятий военно-промышленного комплекса СССР. В 1970 году за достигнутые успехи в освоении новой техники и передовой технологии Электрохимический завод был награжден орденом Трудового Красного Знамени (указ Президиума Верховного Совета СССР от 15.09.1970 г.).

Электрохимический завод — один из ведущих российских производителей обогащенного урана и поставщиков услуг по разделению изотопов урана, как для российской, так и мировой атомной энергетики.

К приоритетным направлениям деятельности АО «ПО «Электрохимический завод» относятся:

- производство ядерных материалов (обогащенного урана);
- производство изотопной продукции (стабильных изотопов);
- производство фтористоводородной кислоты и безводного фтористого водорода (HF) на основе переработки обедненного гексафторида урана (ОГФУ).

В дипломном проекте разрабатывается схема электрификации промышленной насосной станции (отдельного цеха АО «ПО «ЭХЗ»), поставляющий воду в основные цеха для производства основного продукта. Производственный процесс непрерывный, поэтому электроснабжение завода поддерживается по I категории. Завод имеет два независимых питания: от

Энергосети по 110кВ. и линия питания 110кВ. со стороны Красноярской ГРЭС-2. Технологический процесс основного производства требует многих энергетических составляющих: таких как, электроэнергия, сжатый воздух, жидкий азот, непрерывное водяное охлаждение.

В данном проекте произведён расчёт электроснабжения промнасосной станции на современное электрооборудование, которое не менялось с 1964 года. Плановые ремонты, капремонты и частичная замена оборудования не спасают от морального и физического износа. Поэтому расчёт произведён на уже существующие здания и сооружения.

Насосная станция находится на берегу реки Кан и состоит из двух зданий:

Территория насосной ограждена, и находится под охраной, как стратегически важный объект.

Электроснабжение происходит от понижающей подстанции КАМАЛА-1 500/110 кВ. двумя линиями ЛЭП Н-1 и Н-2 110кВ. На ПГВ установлены два трансформатора Т-1 и Т-2 110/6 кВ. Для питания низковольтного оборудования установлены трансформаторы 6/0.4кВ. Основные потребители нагрузки: двигатели насосов типа СДВ 2-173-39-12-УХЛ4 (6штук). Эти двигатели уникальны, т.к. выполнены по специальному заказу в 1963 году и не имеют аналогов в промышленности. Для поддержания их в рабочем состоянии статор и ротор двигателя демонтируется, и отправляются для ремонта и перемотки на завод изготовитель, по мере выработки их ресурса.

**Исходные данные**  
**Ведомость электрических нагрузок по цехам**

Таблица - 1.1

№ по генплану	Наименование потребителя	P, кВт	$K_c$	cos
1	Цех №53	5200	0,7	0,8
2	Администрация столовая	480	0,5	0,9
3	Насосная	850	0,6	0,8
4	Цех №46\2	9200	0,8	0,8
5	Цех №59\1	1250	0,4	0,7
6	Цех №46\1	7800	0,8	0,8
7	Цех №58	-	-	-
8	ЦДП	240	0,6	0,9
9	Соединительный коридор		0,4	0,9
10	Цех ИВЦ	280	0,5	0,9
11	Цех № 48\1	270	0,6	0,8
12	Цех № 48\2	340	0,6	0,8
13	Цех №101	50	0,4	0,9
14	насосная	950	0,6	0,8
15	Цех №59\2	810	0,4	0,8
16	Цех W	3740	0,6	0,8
17	Цех №54	530	0,6	0,8
18	Цех №55	8700	0,8	0,8
19	Администрация столовая	460	0,5	0,9
20	Насосная	6136	0,6	0,9

### Сведения об электрических нагрузках насосной

Таблица - 1.2

Номер		Механизмы		Электродвигатели и прочие механизмы			
по плану	по плану силовой сети	Наименование	количество	кол-во на цех механизме	Тип	номинальн. напряжение. Вольты	мощность, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8
1	11,12,13, 14,15,16, 17,18,19,20	Тиристорный возбудитель	10	1	ЦРВД-ТМ серия 02	380	15
2	1,2,3,4,5, 6,7,8,9,10	двигатель вращающихся сеток	10	1	RA132 S4	380	5.5
2	31,32,33, 34,35,36, 37,38,39,40	двигатель задвижек водовода	10	1	RA132 M4	380	7.5
4	41,42,43,44	двигатели приточных вентиляторов	4	4	RA160 MB6	380	15
5	46	мостовой кран	1	1		380	58,5
7	45	заточно-обдирочный станок	1	1	4A100L 2Y3	380	5,5
8	67,68,69,70, 71.72	печь обогрева индуктивная	4	4	ТЭН240 D13/4, 0 T220	220	4,0
9	1РП	освещение здания насосной,  печь бытовая	1	1	«ЭВИ»	220	3,5;7,5.

## Категорийность электроприёмников по цехам

Таблица 1.3

№ п/п	Наименование цехов	Категории ЭП по степени бесперебойности питания
1.	Цех №53	I
2.	Администрация столовая	III
3.	Насосная	II
4.	Цех №46\2	I
5.	Цех №59\1	II
6.	Цех №46\1	I
7.	Цех №58	III
8.	ЦДП	I
9.	Соединительный коридор	II
10.	Цех ИВЦ	II
11.	Цех № 48\1	II
12.	Цех № 48\2	II
13.	Цех №101	II
14.	насосная	II
15.	Цех №59\2	II
16.	Цех W	I
17.	Цех №54	II
18.	Цех №55	I
19.	Администрация столовая	III
20.	Насосная	II

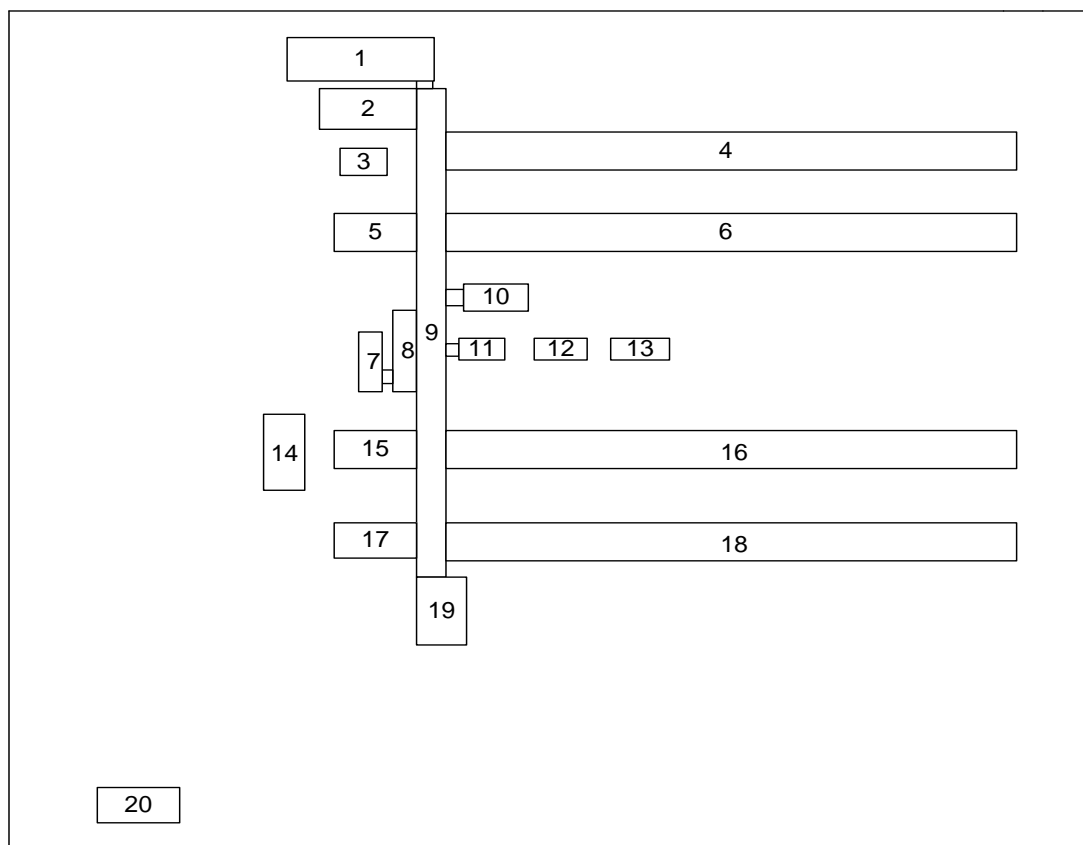


Рис.1.1. Генплан производства



## 2. Определение расчётной нагрузки предприятия в целом

### Пример расчета:

Цех №54:

Расчетная активная нагрузка:

$$P_p = K_c \cdot P_n = 0,7 \cdot 6200 = 4340 \text{ кВт}$$

где  $P_n = 4340 \text{ кВт}$  – номинальная установленная мощность цеха системы дренажа (табл. 1.1);

Расчетная реактивная нагрузка:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 4340 \cdot 0,75 = 3255 \text{ кВАр}$$

Результаты расчета приведены в таблице №2.2.

Установленная мощность осветительной нагрузки:

$$P_{но} = P_{уд.о} \cdot F_{ц} = 20 \cdot 18750 = 375 \text{ кВт}$$

$$\text{где } F_{ц} = 250 \cdot 75 = 18750 \text{ м}^2$$

Расчетная активная осветительная нагрузка:

$$P_{ро} = K_{со} \cdot P_{но} = 0,95 \cdot 375 = 356,25 \text{ кВт}$$

Определим суммарную активную нагрузку (силовую и осветительную):

$$P_p + P_{ро} = 4340 + 356,25 = 4696,25 \text{ кВт}$$

**Определение расчетных нагрузок 0,38 и 6-10 кВ по цехам завода  
по коэффициенту спроса и установленной мощности**

Таблица 2.1

№ по ген. плану	потребители	Силовая нагрузка				
		P <sub>н</sub> , кВт	K <sub>с</sub>	cosφ/tgφ	P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , кВар
1	2	3	4	5	6	7
	<b>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</b>					
1	Цех №53	6200	0,7	0,75	4340	3255
2	Администрация столовая	540	0,5	0,48	270	129,6
3	насосная	140	0,6	0,75	84	63
4	Цех №46\2	12000	0,8	0,75	9600	7200
5	Цех №59\1	2250	0,4	1,02	900	918
6	Цех №46\1	8100	0,8	0,75	6480	4860
7	Цех №58	201	0,5	0,75	100,5	75,375
8	ЦДП	240	0,6	0,48	144	69,12
9	Соединительный коридор	270	0,4	0,48	108	51,84
10	ИВЦ	280	0,5	0,48	140	67,2
11	Цех №48\1	270	0,6	0,75	162	121,5
12	Цех №48\2	340	0,6	0,75	204	153
13	Цех №101	120	0,4	0,48	48	23,04
14	насосная	215	0,6	0,75	129	96,75
15	Цех №59\2	810	0,4	0,75	324	243
16	W	4740	0,6	0,75	2844	2133
17	Цех №54	1530	0,6	0,75	918	688,5
18	Цех №55	9500	0,8	0,75	7600	5700
19	Администрация столовая	510	0,5	0,48	255	122,4
	<b>Итого по 0,38 кВ:</b>	<b>48200</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>35650,5</b>	<b>26970,33</b>
	<b>Потребители электроэнергии 6-10 кВ</b>					
3	Насосная	3600	0,6	0,75	2220	1665
14	Насосная	5200	0,6	0,75	3060	2295
20	Насосная	10225	0,6	0,75	6136	4602
	<b>Итого по 6-10 кВ:</b>	<b>19025</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>11416</b>	<b>8562</b>

# Определение осветительных нагрузок по цехам завода

Таблица 2.2

№ по ген. плану	потребители	Осветительная нагрузка					Осветительная и силовая нагрузка		
		F, м <sup>2</sup>	P <sub>уд.о</sub> , Вт/м <sup>2</sup>	P <sub>н.о</sub> , кВт	K <sub>с.о.</sub>	P <sub>ро</sub> , кВт	P <sub>р</sub> + P <sub>ро</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , кВар	S <sub>р</sub> , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</b>									
1	Цех №53	18750	20	375	0,95	356,25	4696,25	3255	5713,999393
2	Администрация столовая	700	20	140	0,85	110,9	281,9	129,6	310,2640327
3	насосная	4800	16	76,8	0,95	72,96	156,96	63	169,1314329
4	Цех №46\2	67900	16	1086,4	0,95	1032,08	10632,08	7200	12840,60455
5	Цех №59\1	9100	18	163,8	0,95	155,61	1055,61	918	1398,941197
6	Цех №46\1	67900	16	1086,4	0,95	1032,08	7512,08	4860	8947,119421
7	Цех №58	2160	18	38,88	0,85	33,048	133,548	75,375	153,3507709
8	ЦДП	7500	20	150	0,95	142,5	286,5	69,12	294,7199084
9	Соединительный коридор	15000	16	240	0,95	228	336	51,84	339,9755662
10	ИВЦ	1500	20	30	0,85	25,5	165,5	67,2	178,6227589
11	Цех №48\1	3750	18	67,5	0,85	57,375	219,375	121,5	250,7740828
12	Цех №48\2	5000	18	90	0,85	76,5	280,5	153	319,5140842
13	Цех №101	5000	20	100	0,85	85	133	23,04	134,9808935
14	насосная	10500	16	168	0,95	159,6	288,6	96,75	304,3854834
15	Цех №59\2	10500	20	210	0,95	199,5	523,5	243	577,1492441
16	W	67900	16	1086,4	0,95	1032,08	3876,08	2133	4424,215769
17	Цех №54	10500	18	189	0,95	179,55	1097,55	688,5	1295,626587
18	Цех №55	67900	16	1086,4	0,95	1032,08	8632,08	5700	10344,21602
19	Администрация столовая	11250	20	225	0,85	191,25	446,25	122,4	462,7319121
20	Насосная	5330	16	520	0,95	160	680	270	985,724567
	Территория завода	1820000	0,22	400,4	1	400,4	400,4	-	-
	<b>Итого по 0,38 кВ</b>	387610	-	6483,58	-	6102,863	-	-	-
<b>Потребители электроэнергии 6-10 кВ</b>									
3	Насосная	-	-	-	-	-	2220	1665	2775
14	Насосная	-	-	-	-	-	3060	2295	3825
	<b>Итого по 6-10 кВ</b>							<b>3960</b>	<b>6600</b>

Так как трансформаторы цеховых ТП и высоковольтная сеть еще не выбраны, то потери мощности определяются из следующих выражений [2, стр.32]:

Суммарные значения мощностей ЭП:

ЭП напряжением до 1000 В:

$$\sum P_p^H = 34805,9 \text{ кВт},$$

$$\sum Q_p^H = 26086,88 \text{ кВар},$$

$$\sum P_{p.осв}^H = 6266,65 \text{ кВт}.$$

ЭП напряжением 6 кВ

$$\sum P_p^6 = 2146,2 \text{ кВт},$$

$$\sum Q_p^6 = 15859,65 \text{ кВар}.$$

,тогда

$$S_p^H = \sqrt{(\sum P_p^H + \sum P_{p.осв}^H)^2 + (\sum Q_p^H)^2} = \sqrt{(34650,5 + 6102,86)^2 + 25970,33^2} = 48324,9 \text{ (кВт)}; \quad (3.6)$$

Потери напряжения:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 48324,9 = 960,5 \text{ (кВт)};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 48324,9 = 4832,5 \text{ (кВар)};$$

$$\Delta P_L = 0,03 \cdot 48324,9 = 1449,7 \text{ (кВт)}.$$

Суммарные расчётные активная и реактивная мощности, отнесённые к шинам 6–10 кВ ГПП, определяются из выражений:

$$P_{p\Sigma} = (\sum P_p^H + \sum P_p^6) \cdot K_{p.m} + \sum P_{po} + \Delta P_m + \Delta P_L; \quad (3.7)$$

$$Q_{p\Sigma} = (\sum Q_p^H + \sum Q_p^6) \cdot K_{p.m} + \Delta Q_m; \quad (3.8)$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}, \quad (3.9)$$

где  $K_{p.m}$  — коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприёмников, принимаемый 0,95 согласно [2, стр.32]

$$P_{p\Sigma} = (34650,5 + 5280) \cdot 0,95 + 6102,86 + 960,5 + 1449,7 = 46447 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{p\Sigma} = (25970,33 + 3960) \cdot 0,95 + 4832,5 = 33266,3 \text{ (кВар)};$$

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{46447^2 + 3266,3^2} = 57131,17 \text{ (кВА)}.$$

Потери мощности в трансформаторах ГПП определяются:

$$\Delta P_{т.гпп} = 0,02 S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 57131,17 = 1142,62 \text{ (кВт)};$$

$$\Delta Q_{т.гпп} = 0,1 S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 57131,17 = 5713,12 \text{ (кВар)}$$

Полная расчётная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП определяется:

$$S_{p.гпп} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{т.гпп})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{т.гпп} - Q_{ку})^2}, \quad (3.10)$$

где  $Q_{ку}$  – мощность компенсирующих устройств.

$$Q_{ку} = Q_{p\Sigma} - Q_c; \quad (3.11)$$

где  $Q_c$  – наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших активных нагрузок энергосистемы:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma}. \quad (3.12)$$

Так как  $S_{p\Sigma} > 10000$  (кВА), принимаем  $\alpha = 0,29$  для предприятий, расположенных в Сибири и величине напряжения питающей линии 110 (кВ) согласно [2, стр.35,41]

$$Q_c = 0,29 \cdot 46447 = 1347,63 \text{ (кВар)};$$

$$Q_{ку} = 33266,3 - 1347,63 = 31918,67 \text{ (кВар)};$$

$$S_{p.гпп} = \sqrt{(46447 + 1142,62)^2 + (33266,3 + 5713,12 - 31918,67)^2} = 48110,56 \text{ (кВА)}.$$

### 3.Картограмма центра электрических нагрузок , определение

Картограмма нагрузок представляет собой размещённые на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определённом масштабе соответствуют расчётным нагрузкам цехов.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяются:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi \cdot m}}, \quad (4.1)$$

где  $S_{pi}$  – расчётная площадь  $i$  –го цеха с учётом освещения, кВА;

$m$  – масштаб для определения площади круга, кВА/мм<sup>2</sup> (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются секторами или отдельными кругами в круге. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Осветительную нагрузку наносим в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора ( $\alpha$ ) определяется из соотношения полных расчётных ( $S_{pi}$ ) и осветительных нагрузок ( $P_{po}$ ) цехов:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{po}}{S_{pi}}. \quad (4.2)$$

Расчётные данные представлены в таблице 3.1.

На генеральном плане завода произвольно наносим оси координат и определяем значения  $x_i$  и  $y_i$  для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок завода  $x_o$  и  $y_o$  определяются по формулам:

$$x_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}}, \quad (4.3)$$

$$y_o = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}}. \quad (4.4)$$

### Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

Таблица 3.1

№ цеха по ген. плану	$Sp.i$ , кВА	$P_{ро}$ , кВт	$r$ , мм	$\alpha$ , град	$xi$ , м	$yi$ , м	$Sp.i \cdot xi$ , кВА·м	$Sp.i \cdot yi$ , кВА·м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Потребители 0,4 кВ</b>								
1	5713,999393	356,25	42,65847	22,4448746	360	1160	2057039,78	6628239
2	310,2640327	11,9	9,940332	13,8075947	370	1060	114797,692	328879,9
3	169,1314329	72,96	7,339177	155,296976	360	960	60887,3158	162366,2
4	12840,60455	1032,08	63,94814	28,9354601	990	980	12712198,5	12583792
5	1398,941197	155,61	21,10741	40,044285	360	840	503618,831	1175111
6	8947,119421	1032,08	53,37978	41,527198	990	840	8857648,23	7515580
7	153,3507709	33,048	6,988406	77,5821336	390	640	59806,8006	98144,49
8	294,7199084	142,5	9,688129	174,063572	440	620	129676,76	182726,3
9	339,9755662	228	10,40541	241,429115	590	650	200585,584	220984,1
10	178,6227589	25,5	7,542296	51,393227	600	720	107173,655	128608,4
11	250,7740828	57,375	8,936686	82,3649708	570	620	142941,227	155479,9
12	319,5140842	76,5	10,08742	86,1933835	700	620	223659,859	198098,7
13	134,9808935	85	6,556489	226,698751	240	620	32395,4144	83688,15
13	304,3854834	159,6	9,845712	188,760644	820	440	249596,096	133929,6
14	577,1492441	199,5	13,55749	124,439217	360	440	207773,728	253945,7
16	4424,215769	1032,08	37,53646	83,9807142	990	440	4379973,61	1946655
17	1295,626587	179,55	20,31305	49,8893745	360	260	466425,571	336862,9
18	10344,21602	1032,08	57,39631	35,9185074	990	260	10240773,9	2689496
19	462,7319121	191,25	12,13947	148,790257	250	140	115682,978	64782,47
<b>Потребители 6 кВ</b>								
3	2775	-	29,72807	-	360	960	999000	2664000
14	3825	-	34,90205	-	240	440	918000	1683000
<b>Итого:</b>	<b>55060,32311</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>42779655,5</b>	<b>39234371</b>

$$x_0 = \frac{\sum S_{p.i} \cdot x_i}{\sum S_{p.i}} = \frac{42779655,5}{55060,32311} = 776,96 \text{ м} \quad y_0 = \frac{\sum S_{p.i} \cdot y_i}{\sum S_{p.i}} = \frac{39234371}{55060,32311} = 712,57 \text{ м}$$

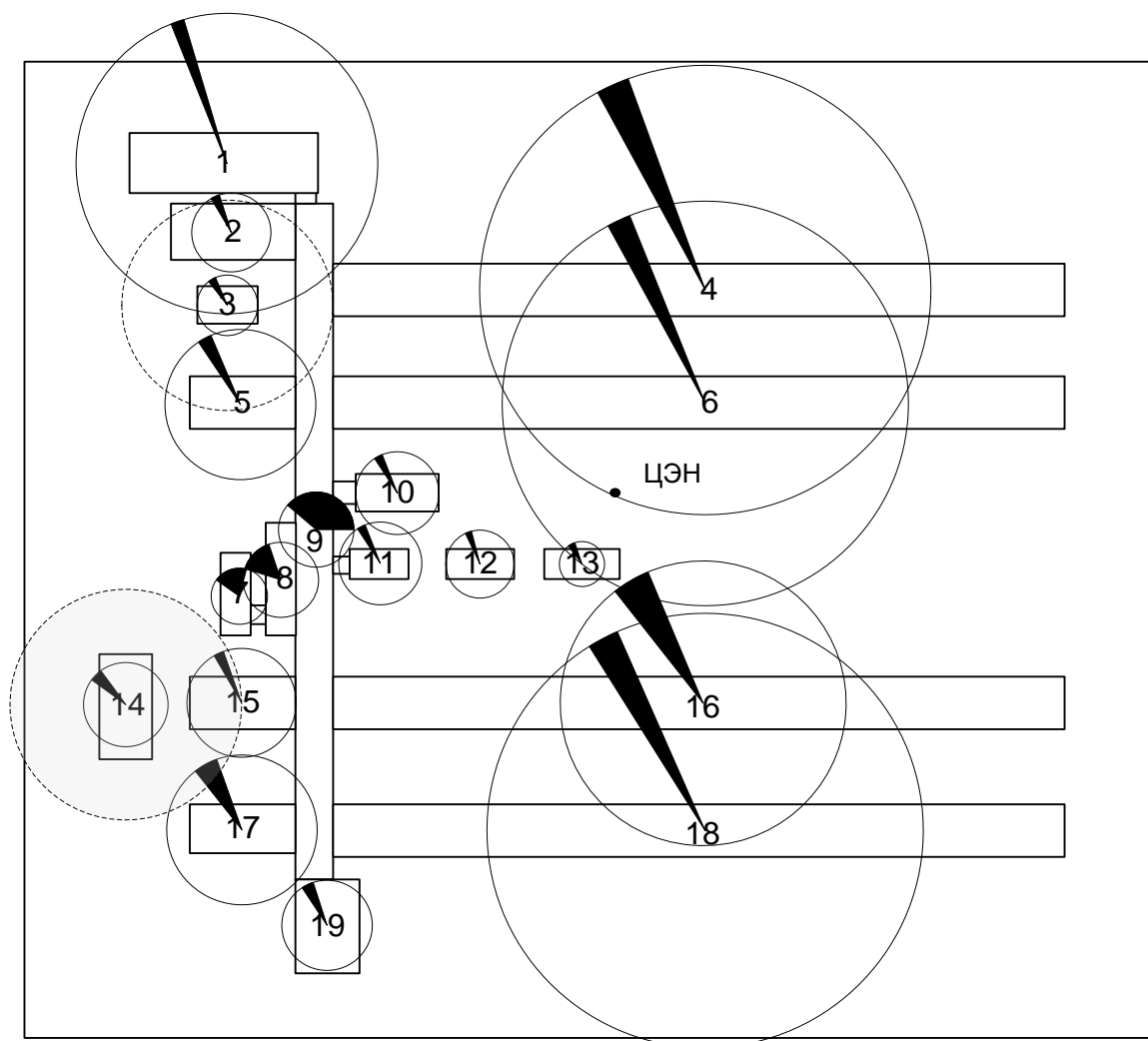
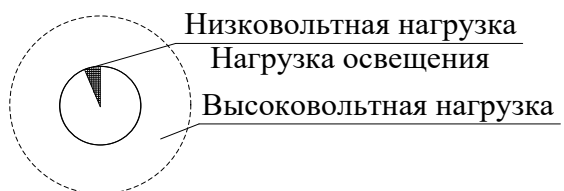


Рисунок 3.2. Картограмма электрических нагрузок

Условные обозначения:



● ЦЭН - центр электрических нагрузок.



## 4. Схема внешнего и внутрипроизводственного электроснабжения

### 4.1. Выбор мощности трансформаторов на ГПП

Правильный технически и экономически обоснованный выбор числа и мощности трансформаторов для ГПП имеет существенное значение для рационального построения схем электроснабжения.

Выбор мощности трансформаторов ГПП производится по расчетной мощности с учетом коэффициента загрузки трансформатора в нормальном и послеаварийном режиме, а также с учетом перегрузочной способности трансформатора.

При этом при выходе из работы одного трансформатора, оставшийся в работе должен обеспечивать стабильное электроснабжение предприятия на время замены или ремонта неисправного трансформатора с учетом возможного ограничения нагрузки без ущерба для основной деятельности предприятия.

Мощность трансформатора определяется по формуле:

$$S_{p.тр} = \frac{S_p^{ГПП}}{2 \cdot \beta};$$

где  $\beta = 0,7$  – коэффициент загрузки трансформатора.

$$S_{p.тр} = \frac{48110,56}{2 \cdot 0,7} = 34364,68 \text{ кВА}.$$

Из стандартного ряда номинальных мощностей силовых двухобмоточных трансформаторов выбираем трансформатор [Федоров справочник 2 табл. 27-6]:

ТДМ-40000/110.

Определим коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме:

$$\beta = 84992 / (2 \cdot 40000) = 0,42.$$

Произведем проверку:

$$1,4 \cdot S_{н.тр} > S_p^{ГПП}$$

$$1,4 \cdot 40000 \text{ кВА} = 56000 \text{ кВА} > 34364 \text{ кВА}$$

Таким образом, в послеаварийном режиме один трансформатор ГПП обеспечит нормальную работу потребителей.

#### 4.2. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по следующей формуле:

$$\delta = \frac{S_p^H}{F_u} = \frac{48324,9}{387610} = 0,12 \frac{\text{кВА}}{\text{м}^2} \quad (5.1)$$

где  $F_u$  – площадь всех цехов предприятия,  $\text{м}^2$ .

В зависимости от полученной плотности нагрузки, наиболее предпочтителен вариант номинальной мощности цеховых трансформаторов 2500 кВА

Расчетное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_0 = \frac{\sum (P_p^H + P_{p0})}{\beta_m \cdot S_{\text{н.тр.}}} \quad (5.2)$$

где  $\beta_m$  – коэффициент загрузки трансформаторов (принимается 0,7 согласно [2, стр.41]).

$\sum P_p^H$  – номинальная расчётная активная мощность в сетях до 1000 В, кВт.

$$N_0 = \frac{34650,5 + 6102,86}{0,7 \cdot 2500} = 23,29 \quad (5.3)$$

Полученное значение округляем до ближайшего большего целого значения  $N=24$  шт.

После выбора числа и мощности цеховых трансформаторов распределяют активные нагрузки цехов между ними равномерно. Активная нагрузка приходящаяся на один цеховой трансформатор может быть определена по формуле:

$$P_1 = \frac{\sum (P_p + P_{p.o})}{N} = \frac{34650,5 + 6102,86}{24} = 1698 \text{ (кВт)}. \quad (5.4)$$

Число трансформаторов  $N_i$ , которое следует установить в том или ином цехе, определяется делением нагрузки цеха  $(P_p + P_{p.o})_i$  на  $P_1$ :

$$N_i = \frac{(P_p + P_{p.o})_i}{P_1}. \quad (5.5)$$

Результаты расчета приведены в таблице 5.1.

#### Число трансформаторов в цехе

Таблица 4.1

Число трансформаторов в цехе			
№ по ген плану	Наименование цехов	Р <sub>ро+Рр</sub>	Количество трансформаторов в цехе
1	Цех№53	4696,25	2,77
2	Администрация столовая	281,9	0,17
3	насосная	156,96	0,09
4	Цех№46\1	10632,08	6,26
5	Цех№59\1	1055,61	0,62
6	Цех№46\1	7512,08	4,42
7	Цех№58	133,548	0,08
8	ЦДП	286,5	0,17
9	Соединительный коридор	336	0,20
10	ИВЦ	165,5	0,10
11	Цех№48\1	219,375	0,13
12	Цех№48\2	280,5	0,17
13	Цех№101	133	0,08
14	насосная	288,6	0,17
15	Цех№59\2	523,5	0,31
16	W	3876,08	2,28
17	Цех№54	1097,55	0,65
18	Цех№55	8632,08	5,08
19	Администрация столовая	446,25	0,26
Количество трансформаторов			24

### 4.3. Компенсация реактивной мощности на производстве

В данном разделе рассмотрен выбор конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности предприятия и произведено технико-экономическое сравнение двух вариантов установки БК: с увеличением числа цеховых трансформаторов и без него.

#### Выбор устройств компенсации реактивной мощности

В данном разделе рассмотрен выбор конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности предприятия и произведено технико-

экономическое сравнение двух вариантов установки БК: с увеличением числа цеховых трансформаторов и без него.

Значение реактивной мощности, которая может быть передана системой:

$$Q_c = a \cdot P_{p\Sigma}$$

$$Q_c = 0,29 \cdot 61853,9 = 17,9 \text{ МВАр};$$

$P_{p\Sigma}$  - расчетная мощность, отнесенная к шинам 6,3кВ

$a = 0,29$  – расчетный коэффициент, соответствующий средним условиям передачи реактивной мощности по сети системы к потребителям

### Расчетная схема

#### I вариант:

Наибольшая мощность, которая может быть передана через трансформаторы из сети 6кВ в сеть 0,4кВ:

$$Q_1 = \sqrt{(N_1 \cdot \beta_m \cdot S_{н.мп630кВА} + N_2 \cdot \beta_m \cdot S_{н.мп1600кВА})^2 - P_p^2} = \sqrt{(9 \cdot 0,7 \cdot 1 + 20 \cdot 0,7 \cdot 2,5)^2 - 41^2} = 4,96 \text{ МВАр}$$

$Q_A = 17,9 \text{ МВАр}$  - суммарная мощность АД 6 кВ.

Составляем баланс реактивной мощности на стороне 6кВ:

$$Q_{\Sigma 1} = Q_A + Q_1$$

$$17,9 \text{ МВАр} < 17,9 + 4,96 = 22,86 \text{ МВАр}$$

Значит, необходима установка БК на стороне 6кВ:

$$Q_{кувн} = Q_A + Q_1 - Q_c = 22,86 - 17,9 = 4,96 \text{ МВАр}$$

Определим мощность БК на стороне 0,4кВ:

$$Q_{кунн} = Q_p - Q_1 = 26,1 - 4,96 = 21,14 \text{ МВАр}$$

По справочнику выбираем марки БК:

ВН: 15хКУ-6-1-330 на общую мощность  $Q_{кувн} = 4,95 \text{ МВАр}$

НН: 75хККУ-0,38-5-280 на общую мощность  $Q_{кунн} = 21 \text{ МВАр}$

## II вариант:

В качестве второго варианта рассматриваем вариант уменьшения числа батарей конденсаторов за счет увеличения числа цеховых трансформаторов, мощностью 1000 кВА..

Наибольшая мощность, которая может быть передана через трансформаторы из сети 6кВ в сеть 0,4кВ:

$$Q_1 = \sqrt{(N_1 \cdot \beta_m \cdot S_{н.мп630кВА} + N_2 \cdot \beta_m \cdot S_{н.мп1600кВА})^2 - P_p^2} = \sqrt{(10 \cdot 0,7 \cdot 1 + 9 \cdot 0,7 \cdot 2,5)^2 - 41^2} = 9,11 \text{ МВАр}$$

Составляем баланс реактивной мощности на стороне 6кВ:

$$Q_{\Sigma 1} = Q_A + Q_1$$

$$17,9 \text{ МВАр} < 17,9 + 9,11 = 27,01 \text{ МВАр}$$

Значит необходима установка БК на стороне 6кВ:

$$Q_{КУВН} = Q_A + Q_1 - Q_c = 27,01 - 17,9 = 9,2 \text{ МВАр}$$

Определим мощность БК на стороне 0,4кВ:

$$Q_{КУНН} = Q_p - Q_1 = 26,1 - 9,11 = 17 \text{ МВАр}$$

По справочнику выбираем марки БК:

ВН: 18хКУ-6-2-500 на общую мощность  $Q_{кувн} = 9 \text{ МВАр}$

НН: 60хККУ-0,38-5-280 на общую мощность  $Q_{кунн} = 16,8 \text{ МВАр}$

### Технико-экономическое сравнение вариантов

Технико-экономическое сравнение вариантов производится по методу приведенных затрат.

Определение затрат на установку БСК:

$$Z_{к,БК} = E_n \cdot Z_{у,БК} \cdot \left(\frac{U_{БК*}}{U_{ном*}}\right)^2 \cdot Q_{БК} + C_0 \cdot \Delta P_{БК} \cdot Q_{БК},$$

где  $E_n = 0,223$  нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$Z_{у,БК}$  – удельная стоимость установки БК, (тыс.руб./кВАр);

$Q_{БК}$  – мощность БК;

$C_0 = 70 \text{ тыс.руб./кВт}$  – удельная стоимость потерь электроэнергии, (тыс.руб./кВт);

$\Delta P_{БК}$  – удельные потери активной мощности в БК, (кВт/кВАр);

### Параметры БК

Таблица - 4.1

Вариант	Тип БСК	U, кВ	Q, кВАр	$Q_{\Sigma}$ , кВАр	$\Delta P_{БК}$ , кВт/кВАр	$z_{у,БК}$ , тыс.руб/МАр.
I	13хКУ-6-1-330	6	330	7500	$3 \cdot 10^{-3}$	6000
	33хККУ-0,38-5-280	0,4	280	21000	$4,5 \cdot 10^{-3}$	12000
II	12хКУ-6-2-500	6	500	9000	$3 \cdot 10^{-3}$	6000
	28хККУ-0,38-5-280	0,4	280	16800	$4,5 \cdot 10^{-3}$	12000

Затраты на стороне ВН:

$$z_{БК_I}^B = 0,223 \cdot 6000 \cdot \left(\frac{1,05}{1}\right)^2 \cdot 7,5 + 70 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 7500 = 12638 \text{ тыс.руб}$$

$$z_{БК_{II}}^B = 0,223 \cdot 6000 \cdot \left(\frac{1,05}{1}\right)^2 \cdot 9 + 70 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 9000 = 15166 \text{ тыс.руб}$$

Затраты на стороне НН:

$$z_{БК_I}^H = 0,223 \cdot 12000 \cdot \left(\frac{1}{1}\right)^2 \cdot 21 + 70 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} \cdot 21000 = 62811 \text{ тыс.руб.}$$

$$z_{БК_{II}}^H = 0,223 \cdot 12000 \cdot \left(\frac{1}{1}\right)^2 \cdot 16,8 + 70 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 16800 = 50248 \text{ тыс.руб.}$$

Полные затраты по вариантам:

$$z_{KI} = z_{к,БК_I}^B + z_{к,БК_I}^H = 12638 + 62811 = 75449 \text{ тыс.руб.}$$

$$z_{KII} = z_{к,БК_{II}}^B + z_{к,БК_{II}}^H + E_{н,об} \cdot \kappa_{тр} = 15166 + 50248 + 0,193 \cdot 14000 = 68116 \text{ тыс.руб.}$$

$$\kappa_{тр} = 14000 \text{ тыс.руб.} - \text{стоимость трансформатора.}$$

Т.к.  $z_{KII} = 68116 \text{ тыс.руб.} < z_{KI} = 75449 \text{ тыс.руб.}$ , следовательно, выбираем

вариант I:

ВН: 18хКУ-6-1-330 на общую мощность  $Q_{кувн} = 9 \text{ МВАр.}$

НН: 60хККУ-0,38-5-280 на общую мощность  $Q_{кунн} = 16,8 \text{ МВАр.}$

### Распределение батарей конденсаторов по цехам производства

Мощность компенсирующих устройств на напряжении 0,4 кВ, которые необходимо установить в цехе, определяется выражением:

$$Q_{\text{кy}} = P_p \cdot (tg\varphi_p - tg\varphi_{\text{эк}}),$$

где  $tg\varphi_{\text{эк}} = 0,4$  - экономическое значение коэффициента мощности.

Тогда суммарная мощность конденсаторных батарей в Цех №53:

$$Q_{\text{кy}} = 4340 \cdot (0,75 - 0,4) = 1519 \text{кВАр}.$$

Принимаем к установке 6 батарей ККУ-0,38-5-280

Распределение батарей по другим цехам систематизируем в виде таблицы:

#### Распределение батарей конденсаторов по цехам производства

Таблица - 4.2

№ по ген. плану	Наименование цеха	Pp	Qp	tgφ	Qкy	Число устанавливаемых батарей
1	Цех №53	4340	3255	0,75	1519	6
2	Администрация столовая	270	129,6	0,48	21,6	1
3	насосная	84	63	0,75	29,4	1
4	Цех №46\2	9600	7200	0,75	3360	12
5	Цех №59\1	900	918	1,02	558	2
6	Цех №46\1	6480	4860	0,75	2268	9
7	Цех №58	100,5	75,375	0,75	35,175	1
8	ЦДП	144	69,12	0,48	11,52	1
9	Соединительный коридор	108	51,84	0,48	8,64	1
10	ИВЦ	140	67,2	0,48	11,2	1
11	Цех №48\1	162	121,5	0,75	56,7	1
12	Цех №48\2	204	153	0,75	71,4	1
13	Цех №101	48	23,04	0,48	3,84	1
14	насосная	129	96,75	0,75	45,15	1
15	Цех №59\2	324	243	0,75	113,4	1
16	W	2844	2133	0,75	995,4	4
17	Цех №54	918	688,5	0,75	321,3	2
18	Цех №55	7600	5700	0,75	2660	10
19	Администрация столовая	255	122,4	0,48	20,4	1

#### 4.4. Составление схемы внешнего электроснабжения предприятия

На главных понизительных подстанциях (ГПП) и подстанциях глубокого ввода (ПГВ), как правило установка трансформаторов не более двух. Для уменьшения токов короткого замыкания (КЗ) работа трансформаторов на двухтрансформаторных подстанциях в сетях промышленных предприятий, как правило, предусматривается раздельной. Следует применять однотипные трансформаторы одинаковой мощности, по току (К/З), выбору группы и схемы соединения обмоток для упрощения замены в случае выхода одного трансформатора из строя.

Выбор числа и мощности трансформаторов

- по данным у потребителей нагрузок I и II категории, требующих надежного резервирования;
- по графику нагрузки потребителя, средней и максимальной мощности предприятия;
- по технико-экономическим показателям отдельных намеченных вариантов числа и мощности трансформаторов с учетом капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Принимаем схему внешнего электроснабжения с выключателями и неавтоматической перемычкой (рисунок 3).

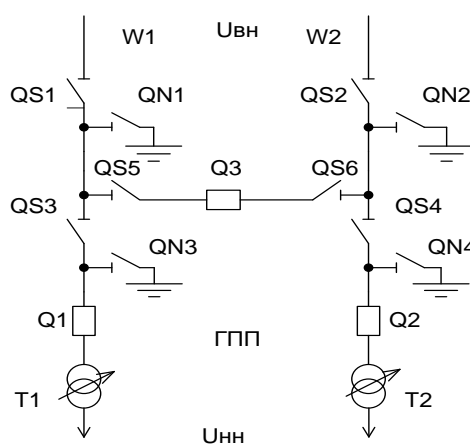


Рисунок 3



## **5. Электроснабжение насосного цеха**

### **5.1 Определение расчетной электрической нагрузки цеха**

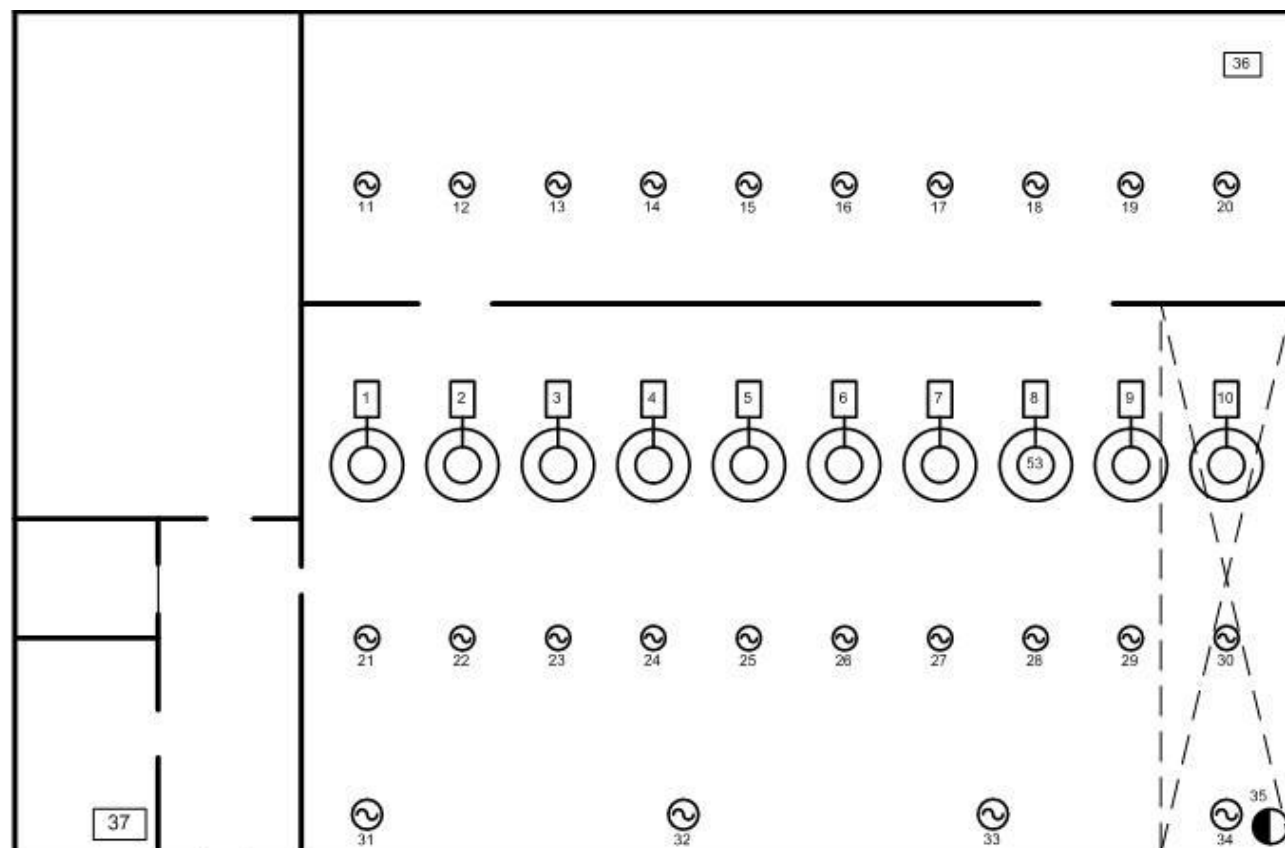
Расчет электрических нагрузок является основным в проектировании систем электроснабжения. Все аппараты, сечения токоведущих частей определяются в зависимости от величины нагрузки. При расчете силовых нагрузок главное значение имеет правильное определение величины электрической нагрузки во всех элементах силовой сети.

Существуют различные методы расчета электрических нагрузок. Наиболее часто применяется расчет методом упорядочных диаграмм, по которому и производится расчет в данном проекте.

Группируются электроприемники по коэффициенту использования  $k_u$ , т.е. электроприемники имеющие одинаковый технологический процесс, но не одинаковую мощность.

Рисунок 5 План насосной с электроприемниками.

Номер ЭП на плане	Наименование ЭП	Мощность ЭП, кВт
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	Теристорный возбудитель	15
11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	Двигатель вращающихся сеток	5,5
21,22,23,24,25,26,27,28,29,30	Двигатель задвижек воды	7,5
31,32,33,34	Двигатель приточных вентиляторов	15
35	Мостовой кран	60
36	Заточно обдирочный станок	5,5
37	Печь бытовая	7,5



**Все электроприёмники разделим на две группы:**

Группа А – ЭП с переменным графиком нагрузки  $K_{и} < 0,6$

Группа Б – ЭП с постоянным графиком нагрузки  $K_{и} \geq 0,6$

**Группа А  $K_{и} < 0,6$**

В группу А вошел мостовой кран и заточно-обдирочный станок

Пример расчета для кран-балки ПВ=25%:

$K_{и}=0,05$  ,  $\cos \varphi=0,5$  ,  $P=58,5$  кВт.

$$P_{ном} = P \times \sqrt{ПВ} = 58,5 \times \sqrt{0,25} = 29,25 \text{ кВт}$$

$$\sum P_{ном} = 29,25 + 5,5 = 34,75 \text{ [ кВт]}$$

Средняя активная нагрузка у наиболее загруженной смены для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$P_{см} = K_{и} P_{ном} = 0,05 \cdot 29,5 + 0,14 \cdot 5,5 = 2,23 \text{ [ кВт]}$$

Средняя реактивная нагрузка у наиболее загруженной смены для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$Q_{см} = P_{см} \tan \varphi = 0,05 \cdot 29,25 \cdot 1,3 + 0,14 \cdot 5,5 \cdot 0,75 = 2,4 \text{ [кВар]}$$

Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_{и.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}} = \frac{2,23}{34,75} = 0,064 \text{ [ кВт]} \quad 0,064 < 0,2$$

**Определение эффективного числа электроприёмников  $n_{э}$ :**

Эффективное число ЭП – это число однородных по режиму работы ЭП одинаковой мощности, которые дают то же значение расчетного максимума  $P_{м}$ , что и группа ЭП, различных по режиму работы и мощности.

По общей формуле:

$$n_{\text{э}} = \frac{\left[ \sum_1^n P_{\text{ном}} \right]^2}{\sum_1^n P_{\text{ном}}^2} = \frac{(29,25 + 5,5)^2}{29,25^2 + 5,5^2} = 1,3$$

Расчетные активная ( $P_{\text{м}}$ ) и реактивная ( $Q_{\text{м}}$ ) мощности группы приемников с переменным графиком нагрузки определяются из выражений:

$$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} P_{\text{см}} = 3,34 \cdot 2,23 = 7,44 [\text{кВт}]$$

$$Q_{\text{м}} = 1,1 Q_{\text{см}} \quad \text{при } n_{\text{э}} \leq 10 \quad K_{\text{м}} = 3,34 \text{ по табл}$$

$$Q_{\text{м}} = 2,24 \cdot 1,1 [\text{кВар}]$$

### Группа Б Ки $\geq 0,6$

Два двигателя в резерве!

Средняя активная нагрузка

$$P_{\text{см}} = 0,8 \cdot 15 \cdot 8 + 0,8 \cdot 5,5 \cdot 8 + 0,8 \cdot 7,5 \cdot 8 + 0,8 \cdot 15 \cdot 4 + 0,95 \cdot 4 \cdot 4 + 0,99 \cdot 3,5 = 245,165 [\text{кВт}]$$

Средняя реактивная

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \operatorname{tg} \varphi = 0,8 \cdot 15 \cdot 8 \cdot 0,33 + 0,8 \cdot 5,5 \cdot 8 \cdot 0,75 + 0,8 \cdot 7,5 \cdot 8 \cdot 0,75 + 0,8 \cdot 15 \cdot 4 \cdot 0,75 + 0,95 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 0,33 + 0,99 \cdot 3,5 \cdot 0,5 = 136,82 [\text{кВар}]$$

$$\sum P_{\text{ном}} = 15 \cdot 8 + 5,5 \cdot 8 + 7,5 \cdot 8 + 15 \cdot 4 + 4 \cdot 4 + 3,5 = 303,5$$

$$K_{\text{у.ср}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{ном}}} = \frac{245,165}{303,5} = 0,8$$

$$n_{\text{э}} = \frac{\left[ \sum_1^n P_{\text{ном}} \right]^2}{\sum_1^n P_{\text{ном}}^2} = \frac{(15 \cdot 8 + 5,5 \cdot 8 + 7,5 \cdot 8 + 15 \cdot 4 + 4 \cdot 4 + 3,5)^2}{8 \cdot 15^2 + 8 \cdot 5,5^2 + 8 \cdot 7,5^2 + 4 \cdot 15^2 + 4 \cdot 4^2 + 3,5^2} = 26,5$$

$$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} P_{\text{см}} = 1,06 \cdot 245,165 = 259,83 [\text{кВт}] \quad K_{\text{м}} = 1,06$$

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{см}} \quad \text{при } n_{\text{э}} \geq 10$$

$$Q_{\text{м}} = 136,82 [\text{кВар}]$$

### Определение осветительной нагрузки:

Расчетная нагрузка осветительных приемников определяется:

$$P_{PO} = K_{CO} \cdot P_{HO},$$

где  $P_{HO}$  – номинальная мощность осветительной нагрузки,

$K_{CO}$  – коэффициент спроса.

$$P_{HO} = P_{уд.о.} \cdot F_{ц}; \quad (2.4)$$

Удельная плотность осветительной нагрузки:

$$P_{уд.о.} = 16 \text{ (Вт/м}^2\text{) по табл.}$$

$$K_{CO} = 0,95 \text{ по табл 10.1}$$

Площадь цеха:  $130 \cdot 15 = 1950 \text{ м}^2$

$$F_{ц} = 1950 \text{ м}^2, \text{ тогда}$$

$$P_{PO} = 0,95 \cdot 16 \cdot 1950 = 29,64 \text{ (кВт)}.$$

### Определение расчётной нагрузки цеха:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{PO})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(259,83 + 29,64)^2 + 136,82^2} = 320,17 \text{ (кВА)}.$$

(2.5)

### Определение расчётного тока:

$$\text{Расчётный ток: } I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{320,17}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 487,024 \text{ (А)}$$

## 5.2 Выбор числа и мощности цехового трансформатора

Выбор номинальной мощности трансформаторов рекомендуется производить по расчётной мощности нормального и аварийного режимов работы исходя из рациональной загрузки в нормальном режиме и с учётом минимально необходимого резервирования в послеаварийном режиме.

Оптимальная загрузка трансформаторов зависит от категории надёжности потребителей электроэнергии, от числа трансформаторов и способа

резервирования. Насосная станция является потребителем I категории. Рекомендуется принимать коэффициенты загрузки ( $K_z$ ) для потребителей I категории и двухтрансформаторных подстанций  $K_z = 0,75 - 0,8$ . Для расчётов принимаем:

$$K_z = 0,8$$

Для питания электродвигателей, электротермических установок, осветительных приборов напряженности до 1000 В в цеховых ТП используются трехфазные трансформаторы с первичным напряжением 6 кВ, заполненные маслом, с автолом или сухой изоляцией.

В цеховых ТП используются трансформаторы типа ТМ (масляные) или ТМЗ (масляные закрытого типа).

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы.

Удельная плотность нагрузки определяется согласно

$$\sigma = S_{\text{рн}} / F_{\text{цехов}}, \quad (\text{кВА/м}^2)$$

где:  $S_{\text{рн}}$  – суммарная полная мощность низковольтной нагрузки предприятия. (кВА).

$F_{\text{цехов}}$  – площадь всех цехов предприятия ( $\text{м}^2$ )

$$S_{\text{рн}} = 320,17 \quad F_{\text{цехов}} = 1950$$

$$\sigma = 320,17 / 1950 = 0,16$$

По таблице 5.2 выбирается рекомендуемая номинальная мощность трансформаторов, это будет  $S_{\text{рн}} = 630$  кВА

### **5.3 Выбор сечений питающей сети насосной**

Выбор осуществляем по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверяем их по потерям напряжения.

**Условие выбора проводников:**

$$I_p = I_{\partial л} \leq I_{\partial оп};$$

### Пример расчёта для линии ТСН1– ШР1:

$$I_p = I_{дл} = 487,042 \text{ А}$$

Используя справочную литературу [2, стр.88] выбираем 2 кабеля марки НРГ-(4×120), у которого  $I_{\text{дл}} = 520 > 487,042 \text{ А}$

Выбранное сечение необходимо проверить по допустимой потере напряжения  $\Delta U_p \% = \Delta U_o \cdot I_p \cdot l$ , (9.2)

где  $\Delta U_o$  – потеря напряжения в 3-х фазных сетях, %/А·км, принимаем по справочной литературе [2, стр.91];

$I_p$  – расчётный ток;

$l$  – длина проводника.

$$\Delta U_p \% = 0,0578 \cdot 487,042 \cdot 0,003 = 0,084 \% < 5 \% .$$

### 5.4 Выбор автоматических выключателей

Выбор автоматических выключателей необходим для обеспечения автоматического отключения при ненормальных режимах работы в сети.

Выбор производится по следующим условиям:

$$I_{\text{ном расц}} \geq I_{\text{длп}}$$

$$I_{\text{кз}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{кр}}$$

Уставки по времени должны быть проверены на селективность действия последовательно включенных аппаратов защиты, чтобы при каждом нарушении нормального режима отключался только поврежденный участок, но не срабатывали аппараты в высших звеньях.

$$I_{\partial л} = I_{\text{ном.тр}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 958,32 \text{ А};$$

$$I_{\partial оп} = 1,4 \cdot I_{\text{ном.тр}} = 1,4 \cdot 958,32 = 1341,6 \text{ А};$$

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{ном.тр}} - k_u \cdot I_{\text{ном}}^{\text{max}}) = 5 \cdot 96 + (958,32 - 0,75 \cdot 96) = 1366,32 \text{ А};$$

$$I_{\text{кз}} = 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 1366,32 = 1707,9 \text{ А};$$

Используя справочную литературу выбираем автоматический выключатель типа ВА 85-41, у которого:

$$I_{\text{ном.}} = 1000 \text{ А};$$

$$I_{\text{ном.расч}} = 1000 \text{ А} \geq I_{\text{а\ddot{e}\ddot{e}\ddot{e}\ddot{e}}} = 985,32 \text{ А}.$$

Уставка в зоне кз:

$$I_{\text{кз.уст}} = 2 \cdot 1000 = 2000 \text{ А} \geq I_{\text{кз}} = 1707,9 \text{ А}.$$

Вводной выключатель ВА 85 - 41 – 2000.

### Расчет вводных автоматов Секция1-ШРЗ

$$1. \quad I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{р}}$$

$$I_{\text{ном.р}} \geq 220 \text{ А}$$

$$2. \quad I_{\text{пер}} \geq 1,4 \cdot I_{\text{р}}$$

$$I_{\text{пер}} \geq 308 \text{ А} - \text{ток перегрузки.}$$

### 3. Пиковый ток ПР 1

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{п.м.}} + (I_{\text{расч ПР1}} - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном.макс}}) = 33,5 \cdot 5 + (220 - 33,5 \cdot 0,8) = 360,7 \text{ А},$$

где  $I_{\text{п.м.}}$  - пусковой ток ЭП №1

$I_{\text{ном.м}}$  – номинальный ток ЭП №1.

$$I_{\text{кз ПР1}} = 1,25 \cdot 360,7 = 450,9 \text{ А}.$$



ВА57-35-500 с номинальным током выключателя  $I_{на}=250$  ,током уставки электромагнитного расцепителя  $I_{кз.уст} = 2 \cdot 250 = 500$  А

### Расчет автоматов Эл.пр

Для примера возьмем эл.приемник ШРЗ-ЭП1

$$I_{дл} = I_{ном.пр} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi \cdot h} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 1} = 28,8 \text{ А}$$

$$I_{пер} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi \cdot h} \cdot 1,25 = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 1} \cdot 1,25 = 36$$

$$I_{кз} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi \cdot h} \cdot K_{пуск} \cdot 1,5 = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 1} \cdot 5 \cdot 1,5 = 270 \text{ А}$$

Выбираем автомат ВА 51-26 с номинальным током выключателя  $I_{на}=32$  ,током уставки электромагнитного расцепителя  $I_{\text{э.м.}} = 10 \cdot 320 = 320$  А

Результаты расчетов сводим в таблицу.

Таблица 5. - Выбор распределительной сети и аппаратов защиты

Приёмник				Ответвление к ЭП			Автомат выкл	
№ на плане цеха	Наименование электроприёмника	Рн, кВт	Ip, А	Марка и сечение проводника, мм <sup>2</sup>	Сп прокл.	Длина, м	Тип Автоматического выкл	$\frac{I_{\text{н}} \cdot I_{\text{н}}}{I_{\text{э.м.}}}$ , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Теристорный возбудитель	15	28.8	АПВ (4×16)	В коробах		ВА 51-26	32/320
2	Теристорный возбудитель	15	28.8	АПВ (4×16)			ВА 51-26	32/320
3	Теристорный возбудитель	15	28.8	АПВ (4×16)			ВА 51-26	32/320
4	Теристорный возбудитель	15	28.8	АПВ (4×16)			ВА 51-26	32/320
5	Теристорный возбудитель	15	28.8	АПВ (4×16)			ВА 51-26	32/320
6	Теристорный возбудитель	15	28.8	АПВ (4×16)			ВА 51-26	32/320
7	Теристорный возбудитель	15	28.8	АПВ (4×16)			ВА 51-26	32/320

Продолжение таблицы 5

8	Теристорный возбудитель	15	28,8	АПВ (4×16)			BA 51-26	32/320
9	Теристорный возбудитель	15	28,8	АПВ (4×16)			BA 51-26	32/320
10	Теристорный возбудитель	15	28,8	АПВ (4×16)			BA 51-26	32/320
11	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
12	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
13	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
14	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
15	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
16	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
17	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
18	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
19	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
20	Дв-ль вращающихся сеток	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
21	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)		0 9 9	BA 51Г-25	25/175
22	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
23	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
24	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
25	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
26	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
27	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
28	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
29	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
30	Дв-ль задвижек воды	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
31	Дв-ль приточных вент-ов	15	28,8	АПВ (4×16)			BA 51-26	32/320
32	Дв-ль приточных вент-ов	15	28,8	АПВ (4×16)			BA 51-26	32/320
33	Дв-ль приточных вент-ов	15	28,8	АПВ (4×16)			BA 51-26	32/320
34	Дв-ль приточных вент-ов	15	28,8	АПВ (4×16)			BA 51-26	32/320
35	Кран-балка ПВ=25%	60	96	ВВГ-4(4×95)			BA 57-35	250/1000
36	Заточно-обдирочный станок	5,5	10,4	ВВГ (4×2,5)			BA 51Г-25	25/175
37	Печь бытовая	7,5	14,3	ВВГ (4×4)			BA 51Г-25	25/175
38	Освещение	29,7	56,6	ВВГ (4×25)			BA 57-35	63/500

№ п/п	Номер линии на плане цеха	Назначение участка линии питающей сети	Расчетная нагрузка $S_p$ , кВА	Расчетный ток $I_p$ , А	Длина линии $l$ , км	Способ прокладки	Коэффициент прокладки, $K$	Марка кабеля	Сечение, выбранное из условия допустимого нагрева $S_n$ , мм <sup>2</sup>	Допустимый дли-тельный ток $I_{доп}$ , А	Потери напряжения на 1 А·км, $\Delta U_0$ , %	Расчетные потери напряжения $\Delta U_p$ , %	Автоматический выключатель
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15
1	Л-1	ТСН1 – СЕКЦИЯ1	320,17	487,042	0,003	Через стену	1	ВВГ	(4×120) (два кабеля параллельно)	520	0,084	0,0578	ВА 85 - 41
2	Л-2	ТСН1 – СЕКЦИЯ2	320,17	487,042	0,003	Через стену	1	ВВГ	(4×120) (два кабеля параллельно)	520	0,084	0,0578	ВА 85 - 41
3	Л-3	СЕКЦИЯ1– ШР3	123	220	0,002	В коробе по полу	1	АВВГ	(4×150)	230	0,097	0,0728	ВА57-35
4	Л-4	СЕКЦИЯ2 – ШР4	123	220	0,0002	В коробе по полу	1	АВВГ	(4×150)	230	0,097	0,0728	ВА57-35
5	Л-5	СЕКЦИЯ1-ШР5	24,6	68,4	0,005	В коробе по полу	1	ВВГ	(4×16)	80	0,185	0,0945	ВА51-41
6	Л-6	СЕКЦИЯ2-ШР6	24,6	68,4	0,005	В коробе по полу	1	ВВГ	(4×16)	80	0,185	0,0945	ВА51-41

Таблица 5.1 - расчёта электрической нагрузки по пунктам электропитания.

Исходные данные						Расчётные величины			Эффект ивное число ЭП  nэ	Кoeffици ент расчётной нагрузки  Kp	Расчётная мощность			Расчётн ый ток в проводн ике  Ip, А
По заданию технологов				По справочным данным		Средняя мощность		Промежуточн ая расч. Величина  nP <sup>2</sup> <sub>Hi</sub>			Актив ная  Pp, кВт	Реактив ная  Qp, квар	Полн ая  Sp, кВА	
Характерн ые категории ЭП, подключае мых к узлу питания	Количес тво ЭП  n,шт	Номинальна я мощность , кВт		Кoэф.  Использов ания  Ки	Кoэф.мощнос ти / коэф реактив.мощ ности  cos φ /tg φ	Актив ная  Pc, кВт	Реактив ная  Qc, квар							
		Одно го ЭП  Pн,  Pн,	Pн=n рн											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 РП														
Печь бытовая	1	7,5	7,5	0,75	0,9/0,5	5,6	2,8	56,25	1	1,07	6	3,1	6,8	17,8
1ЩО			3,48	0,7	0,95/0,33	2,42	0,8				2,42	0,8		
Итого:	1	7,5	11	0,73	0,9/0,45	8,02	3,6	56,25	2	1,056	8,42	3,9	9,3	24,4
2РП														
ТЭН240 D13/4,0 T220	6	4,0	24	0,7	0,75/0,88	16,8	14,8	96	6	1,01	17	16,3	23,5	61,7
Освещение КРУ-6кВ			0,72	0,74	0,95/0,33	0,7	0,2				0,7	0,2		
Наружное			1,0	0,9	0,8/0,75	0,9	0,7				0,9	0,7		

освещение														
2ЩОА			0,24	1	0,95/0,29	0,24	0,07				0,24	0,07		
Итого:	6	4,0	26	0,7	0,76/0,85	18,6	15,8	96	7	1	18,8	17,3	25,5	67
ЩСУ-1														
Двигатель задвижек воды	5	7,5	22,5	0,7	0,8/0,75	15,75	11,8	168,7						
Тиристорный возбудитель	5	15	45	0,7	0,95/0,33	31,5	10,4	675						
Итого:	10	7,5-15	67,5	0,7	0,9/0,47	47,3	22,2	843,7	5	1,03	48,7	24,4	54,5	82,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ЩСУ-2														
Двигатель задвижек воды	5	7,5	22,5	0,7	0,8/0,75	15,75	11,8	168,7						
Тиристорный возбудитель	5	15	45	0,7	0,95/0,33	31,5	10,4	675						
Итого:	10	7,5-15	67,5	0,7	0,9/0,47	47,3	22,2	843,7	5	1,03	48,7	24,4	54,5	82,8
ЩСУ-3														

Двигатель вращающихся сеток	5	5,5	16,5	0,6	0,8/0,75	9,9	7,9	90,8						
Заточной станок	1	5,5	5,5	0,9	0,8/0,75	4,95	3,7	30,25						
Итого:	6	5,5	22	0,7	0,79/0,77	15	11,6	121	4	1,06	15,9	12,8	20,4	31
ЩСУ-4														
Двигатель вращающихся сеток	5	5,5	16,5	0,6	0,8/0,75	9,9	7,9	90,8						
2РП	6	4,0	26	0,7	0,76/0,85	18,6	15,8	96						
Итого:	14	4-5,5	42,5	0,67	0,77/0,83	28,5	23,7	186,8	9	1	28,5	26	38,5	58,5
РУНН I секция														
1 РП	1	7,5	11	0,73	0,9/0,45	8,02	3,6							
Двигатели вентиляторов	4	15	60	0,7	0,8/0,75	42	31,5							
ЩСУ-1	6	7,5-15	67,5	0,7	0,9/0,47	47,3	22,2							
ЩСУ-3	4	5,5	22	0,7	0,79/0,77	15	11,6							
Силовая нагрузка на шинах 0,4кВ	15	5,5-15	160,5	0,7	0,85/0,61	112,3	69		15	0,9	101,7	61,7	118	179
Потери в ТСН-1						2,2	7,2				1,98	4,4		

Итого на шинах 6кВ ТСН-1	15	5,5-15	160,5	0,7	0,83/0,67	114,5	76,2				103,7	66,1	123	12
--------------------------	----	--------	-------	-----	-----------	-------	------	--	--	--	-------	------	-----	----

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РУНН II секция														
ЩТМ	1	58,5	58,5	0,25	0,6/1,3	14,7	19,1							
ЩСУ-2	6	7,5-15	67,5	0,7	0,9/0,47	47,3	22,2							
ЩСУ-4	9	4-5,5	42,5	0,67	0,77/0,83	28,5	23,7							
Силовая нагрузка на шинах 0,4кВ	16	4-58,5	118,5	0,76	0,81/0,72	90,5	65		4	0,97	87,8	63,1	108,2	164,4
Аварийное освещение 1ЩОА			0,24	1	0,95/0,29	0,24	0,07				0,24	0,07		
Итого:	16	4-58,5	118,7	0,76	0,81/0,72	90,7	65,07				88	63,2	108,3	164,5
Потери в ТСН-2						2	7,3				1,94	5,3		

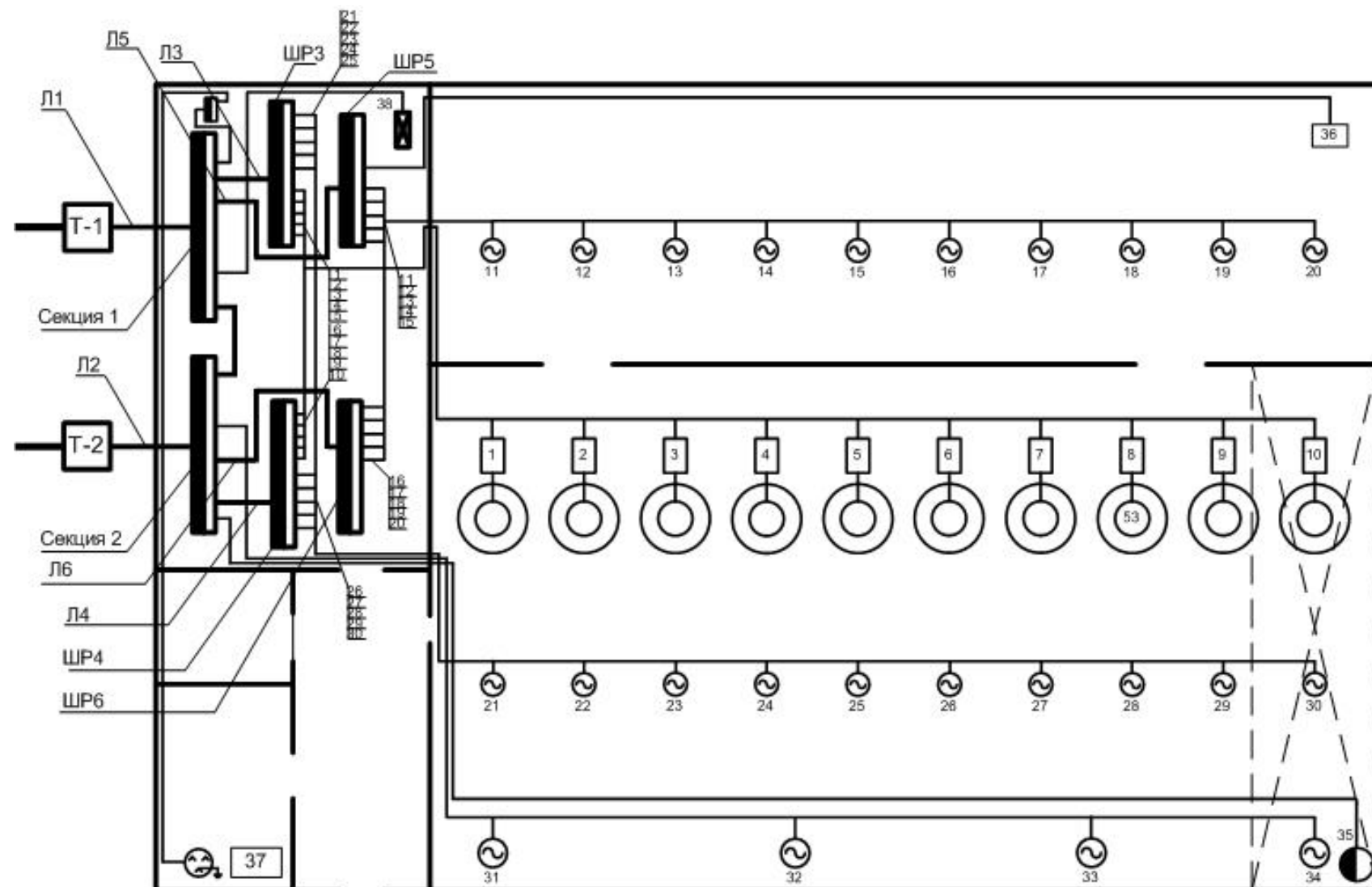
Итого на шинах 6кВ ТСН-2	16	4-58,5	118,74	0,78	0,79/0,78	92,74	72,4				90	68,5	113	10,6
КРУ – 6 кВ I секция														
Двигатель главного насоса	3	1600	4800	0,7	0,95/0,32	3360	1075							
ТСН - 1	15	5,5-15	160,5	0,7	0,83/0,67	114,5	76,2							
Силовая нагрузка на шинах 6 кВ.	18	5,5-1600	4960,5	0,7	0,95/0,33	3474,5	1151,4		4	1	3474,5	1146,6	3659	352
Потери в Т - 1						25	235				22,5	211,5		
Итого на шинах 110 кВ. Т - 1	18	5,5-1600	4960,5	0,7	0,93/0,4	3500	1386				3497	1358	3751	20

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
КРУ – 6 кВ II секция														
Двигатель главного насоса	3	1600	4800	0,7	0,95/0,32	3360	1075							
ТСН - 2	16	4-58,5	118,74	0,78	0,79/0,78	92,74	72,4							



Силовая нагрузка на шинах 6 кВ.	19	4- 1600	4918,7	0,7	0,95/0,33	3452, 7	1147 ,6		4	1	3452,7	1140	3636	350
Потери в Т - 2						24,5	228				22	205		
Итого на шинах 110 кВ. Т - 2	19	4- 1600	4918,7	0,7	0,93/0,39	3477, 2	1375 ,6				3474,7	1345	3726	19,5

Рисунок 5.1. План насосного цеха с пунктами электропитания.



## 6. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В

Расчёт токов КЗ в сети до 1000 В имеет следующие особенности:

- принимаем мощность системы  $S_c = \infty$ , что правомерно  $S_c \geq 630 S_{T.об.}$

При этом напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;

- при расчёте учитываются все активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силовой трансформатор, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;

- расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение берётся на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем  $U=400В$ , действующая величина тока короткого замыкания  $I_K = U / \sqrt{3} Z_{\Sigma}$ .

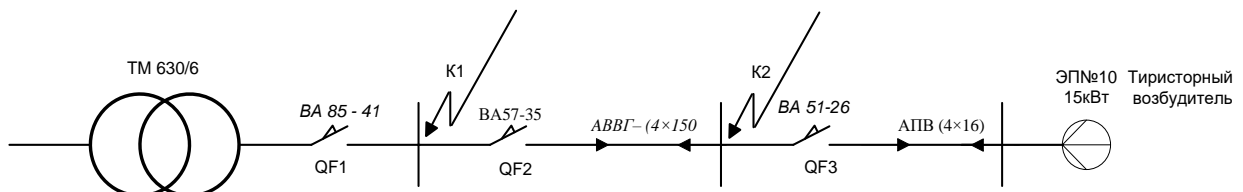


Рисунок 6.Схема расчета токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В

### Расчёт токов КЗ для точки К1:

$$R_T = \frac{\Delta P_{KЗ} \cdot U^2}{S_{H.TP.}^2} = \frac{7,6 \cdot 400^2}{630^2} = 3,06 \text{ мОм} - \text{активное сопротивление трансформатора.}$$

$$U_A = \frac{\Delta P_{KЗ} \cdot 100\%}{S_{H.TP.}} = \frac{7,6 \cdot 100\%}{630} = 1,21\% - \text{активная составляющая напряжения КЗ;}$$

$$U_P = \sqrt{U_K^2 - U_A^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,21^2} = 5,37\% - \text{реактивная составляющая напряжения КЗ;}$$

$$X_T = \frac{U_p \%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{H.TP.}} = \frac{5,37}{100} \cdot \frac{400^2}{630} = 13,64 \text{ мОм} - \text{активное сопротивление}$$

трансформатора;

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} = \sqrt{3,06^2 + 13,64^2} = 14 \text{ мОм}$$

$$I_{K1} = \frac{U}{\sqrt{3} Z_{\Sigma K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 14} = 16,5 \text{ кА};$$

Согласно [3, стр.128] принимаем  $K_{уд1} = 1,55$ ;

$$i_{уд1} = I_{K1} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{уд1} = 16,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,55 = 36,2 \text{ кА}$$

### Расчёт токов КЗ для точки К2:

Принимаем для автоматического выключателя, согласно [1, стр.63] следующие величины:

$R_K = 0,36 \text{ мОм}$  – активное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$X_K = 0,28 \text{ мОм}$  – реактивное сопротивление токовой катушки автоматического выключателя;

$R_{пер} = 0,6 \text{ мОм}$  – переходное сопротивление контактов.

кабель АВВГ– (4×150) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_K = r_K \cdot L_K = 0,35 \cdot 0,082 = 0,03 \text{ Ом}$$

$$X_K = x_K \cdot L_K = 0,06 \cdot 0,082 = 0,005 \text{ Ом}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma K2} &= \sqrt{(R_{\Sigma 1} + R_K + R_{пер} + R_{КАБ})^2 + (X_{\Sigma 1} + X_K + X_{КАБ})^2} = \\ &= \sqrt{(3,06 + 0,36 + 0,6 + 30)^2 + (13,64 + 0,28 + 5)^2} = 38,93 \text{ мОм} \end{aligned}$$

$$I_{K2} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{\Sigma K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 38,93} = 5,9 \text{ кА}$$

Согласно [3, стр.128] принимаем  $K_{y\varnothing 2} = 1,02$ ;

$$i_{yД2} = I_{K2} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{yД2} = 5,9 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,02 = 8,51 \text{ кА}.$$

### **Расчёт токов КЗ для точки КЗ:**

Для провода АПВ–4 ( $4 \times 16$ ) рассчитаем активное и реактивное сопротивления:

$$R_K = 0,67 \cdot 0,009 = 0,006 \text{ Ом}$$

$$X_{56} = 0,06 \cdot 0,009 = 0,0005 \text{ Ом}$$

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma K3} &= \sqrt{(R_{\Sigma 2} + R_K)^2 + (X_{\Sigma 2} + X_K)^2} = \\ &= \sqrt{(34,02 + 6)^2 + (18,92 + 0,5)^2} = 44,5 \text{ Ом} \end{aligned}$$

$$I_{K3} = \frac{U}{\sqrt{3}Z_{\Sigma K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 44,5} = 5,2 \text{ кА}$$

Согласно [3, стр.128] принимаем  $K_{y\varnothing 3} = 1$ ;

$$i_{yД3} = I_{K3} \cdot \sqrt{2} \cdot K_{yД3} = 5,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 1 = 7,35 \text{ кА}$$

## **7. Построение карты селективности действия аппаратов защиты**

По результатам расчетов токов короткого замыкания и вышеприведенным расчетам построим карту селективности действия аппаратов защиты на рассматриваемом участке цеховой сети рисунок 7

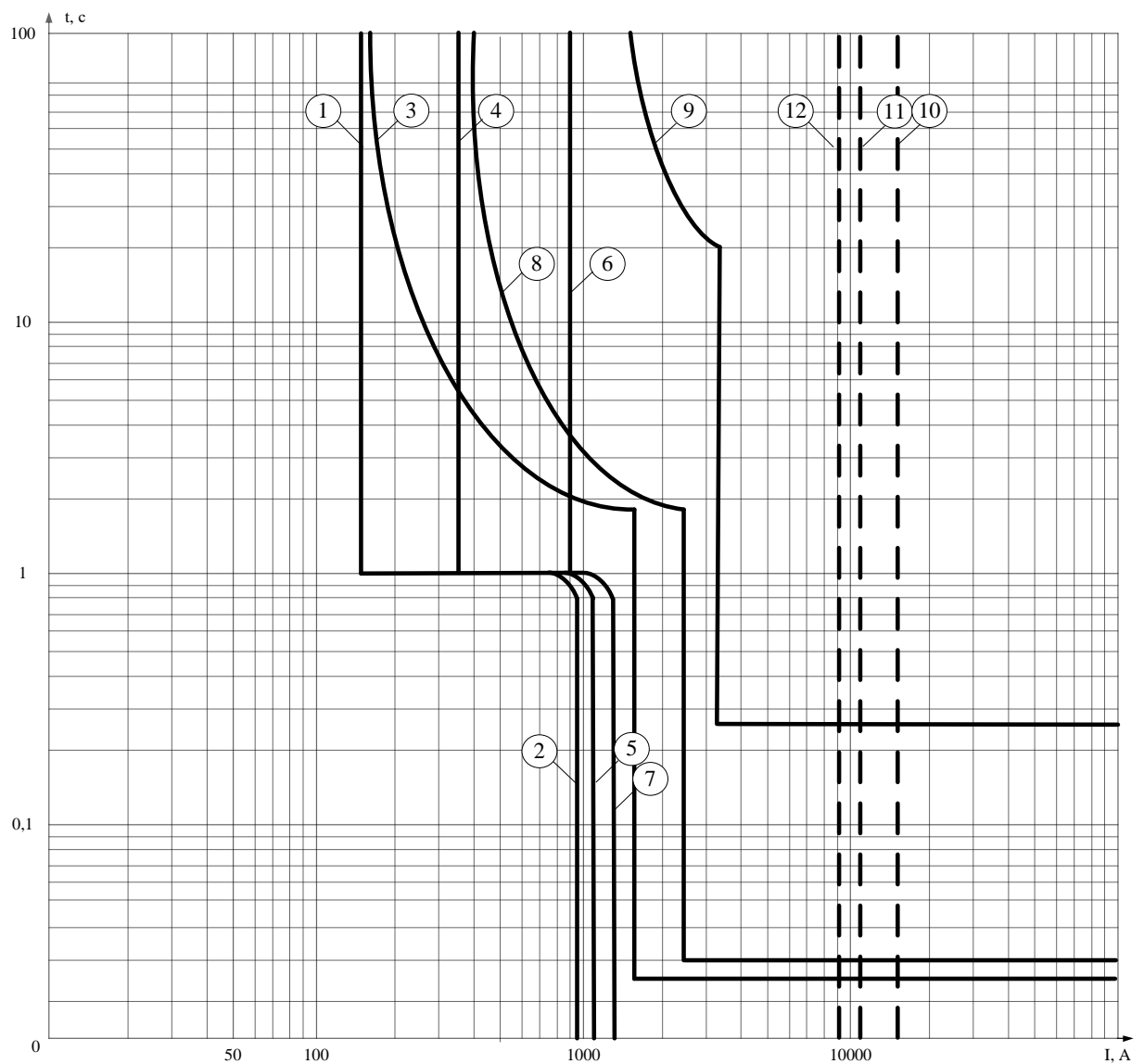


Рисунок 7. Карта селективности действия защиты в сети 380 В

1. Номинальный ток двигателя  $158,3\text{A}$
2. Пусковой ток двигателя  $947\text{A}$
3. Защитная характеристика автомата ВА51-33 160/160/1600 А
4. Расчетный ток распределительного пункта ПР-14  $I_{\text{расч}}=352.22$
5. Пиковый ток распределительного пункта ПР-14  $I_{\text{пик}}=1134.22$
6. Расчетный ток трансформаторной подстанции ТП  $I_{\text{расч}} 957$
7. Пиковый ток трансформаторной подстанции ТП  $I_{\text{пик}} 1340.1$
8. Защитная характеристика автомата ПР -14 ВА52-39 630/400/2500 А

9. Защитная характеристика вводного автомата ВА53-43  
1600/1600/3200 А

10. Ток короткого замыкания в точке К1 16,2 кА

11. Ток короткого замыкания в точке К2 11,33 кА

12. Ток короткого замыкания в точке К3 9,103 кА

На карту селективности нанесем токи КЗ без учета подпитки от АД, соответствующему наихудшему режиму в отключенном состоянии.

Из рисунке 7 видно, что аппараты защитные выбраны правильно и обеспечат селективное (избирательное) отключение поврежденного участка распределительной электрической сети.

## 8. Построения эпюры отклонений напряжения

Строим эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин РУ до наиболее мощного электроприёмника для режимов максимальной и минимальной нагрузок

**Отклонение напряжения:**

$$\Delta U_{ij} = \frac{P_{ij}R_{ij} + Q_{ij}X_{ij}}{10U_i^2}; \quad (9.11)$$

где  $\Delta U_{ij}$  – отклонение напряжения на соответствующем участке сети, %;

$P_{ij}$  – поток активной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВт;

$Q_{ij}$  – поток реактивной мощности, передаваемый по соответствующему участку сети, кВар;

$R_{ij} = \tau_{oij} \cdot l_{ij}$  – активное сопротивление линии соответствующего участка сети, мОм,

здесь  $\tau_{oij}$  – удельное активное сопротивление линии соответствующего участка сети, Ом/км, принимаемое, согласно справочной литературе [1, стр.139],

$l_{ij}$  – длина линии соответствующего участка сети, км;

$U_i$  – напряжение в начале соответствующего участка сети, кВ;

**Отклонение напряжения на цеховом трансформаторе, %:**

$$\Delta U_m = \beta_m (U_A \cdot \cos \varphi_2 + U_P \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_A \sin \varphi_2 - U_P \cos \varphi_2), \quad (9.12)$$

$$\beta_m = \frac{S_{ij}}{S_{н.тр.}} - \text{фактический коэффициент загрузки цехового}$$

трансформатора, здесь  $S_{ij}$  – поток мощности, передаваемый через цеховой трансформатор, кВа,  $S_{н.тр.}$  – номинальная мощность цехового трансформатора, кВа;

$$U_a = \frac{\Delta P_{кз} \cdot 100\%}{S_{н.тр.}} - \text{активная составляющая напряжения короткого}$$

замыкания цехового трансформатора, %, здесь  $\Delta P_{кз}$  – потери активной мощности при КЗ, кВт, принимаем согласно [3, стр.215]; (9.13)

$U_p = \sqrt{(U_k)^2 - (U_a)^2}$  – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, %, здесь  $U_k$  – напряжение короткого замыкания, %, принимаем согласно справочной литературе [3, стр.218]; (9.14)

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{S_2} = \frac{P - \Delta P_m}{\sqrt{(P - \Delta P_m)^2 + (Q - \Delta Q_m)^2}} - \text{коэффициент мощности для}$$

вторичной нагрузки цехового трансформатора, здесь  $P$  – поток активной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор, кВт,  $Q$  – поток реактивной мощности, передаваемой через цеховой трансформатор, кВар,  $\Delta P_m = 0,02S$  – потери активной мощности в цеховом трансформаторе, кВт,  $\Delta Q_m = 0,1S$  – потери реактивной мощности в цеховом трансформаторе, кВар;

$\sin \varphi_2$  – соответствующий  $\cos \varphi_2$  синус для вторичной нагрузки цехового трансформатора. (9.15)



Рассчитаем отклонения напряжения для цепочки ГПП-тиристорный возбудитель №10:

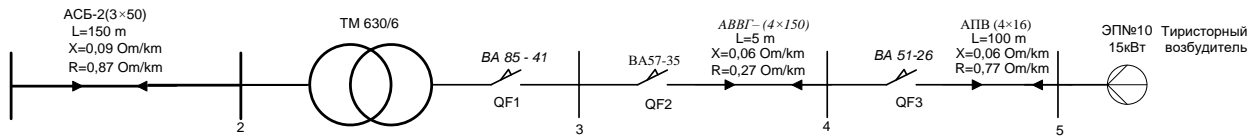


Рисунок.8 Схема для расчета отклонения напряжений

**Расчет максимального режима:**

**Участок 1-2:**

$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} R_{12} + Q_{12} X_{12}}{10 U_1^2};$$

$$R_{12} = \frac{1}{n} \cdot r_{012} \cdot L_{12} = \frac{1}{2} \cdot 0,67 \cdot 0,08 = 0,027 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = \frac{1}{n} \cdot x_{012} \cdot L_{12} = \frac{1}{2} \cdot 0,06 \cdot 0,08 = 0,0024 \text{ Ом}$$

$$P_{12} = P_{p2} = 840,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{12} = 315 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{840,5 \cdot 0,027 + 315 \cdot 0,0024}{10 \cdot 6,3^2} = 0,06\%;$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{12} = 0,06 \cdot \frac{6300}{100} = 3,78 \text{ В}$$

$$U_2 = 6300 - 3,78 = 6296,2 \text{ В}$$

**Участок 2-3:**

$$\Delta U_{23} = \beta_m (U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_a \sin \varphi_2 - U_p \cos \varphi_2),$$

$$U_A \% = \frac{\Delta P_K}{S_{H.TP.}} \cdot 100\% = \frac{7,6}{630} \cdot 100\% = 1,21\%$$

$$U_P \% = \sqrt{U_K^2 - U_A^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,21^2} = 5,37\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{840,5^2 + 315^2}}{2 \cdot 630} = 0,71$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 630 = 12,6 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 630 = 63 \text{ кВАр}$$

$$P_2' = P_{12} - \Delta P_T = 840,5 - 12,6 = 828 \text{ кВт}$$

$$Q_2' = Q_{12} - \Delta Q_T = 315 - 63 = 252 \text{ кВАр}$$

$$S_2' = \sqrt{P_2'^2 + Q_2'^2} = \sqrt{828^2 + 252^2} = 865,5 \text{ кВА}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2'}{S_2'} = \frac{828}{865,5} = 0,96$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2'}{S_2'} = \frac{252}{865,5} = 0,29$$

$$\Delta U_{23} = 0,71(1,21 \cdot 0,96 + 5,37 \cdot 0,29) + \frac{0,71^2}{200}(1,21 \cdot 0,29 - 5,37 \cdot 0,96) = 1,92\%$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН:

$$6296,2 - 1,92 \cdot \frac{6296,2}{100} = 6175 \text{ В}$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = 400 \frac{6175}{6300} = 392 \text{ В}$$

**Участок 3-4:**

$$\Delta U_{34} = \frac{P_{34} R_{34} + Q_{34} X_{34}}{10 U_3^2};$$

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,35 \cdot 0,082 = 0,029 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,082 = 0,005 \text{ Ом}$$

$$P_{34} = P_{III2} = 184,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{34} = Q_{III2} = 78,1 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{184,4 \cdot 0,029 + 78,1 \cdot 0,005}{10 \cdot (392 \cdot 10^{-3})^2} = 1,74\%;$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{34} = 1,74 \cdot \frac{392}{100} = 14,7 \text{ В}$$

$$U_4 = 392 - 14,7 = 377,3 \text{ В}$$

#### **Участок 4-5:**

$$R_{45} = 0,67 \cdot 0,009 = 0,006 \text{ Ом}$$

$$X_{45} = 0,06 \cdot 0,009 = 0,0005 \text{ Ом}$$

$$P_{45} = P_{НОМ \text{ №}32} = 75 \text{ кВт}$$

$$Q_{56} = 0,33 \cdot 75 = 24,75 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{45} = \frac{75 \cdot 0,006 + 24,75 \cdot 0,0005}{10 \cdot (377,3 \cdot 10^{-3})^2} = 0,33\%;$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{45} = 0,33 \cdot \frac{377,3}{100} = 1,25 \text{ В}$$

$$U_5 = 377,3 - 1,25 = 376,1 \text{ В}$$

#### **Расчет минимального режима:**

Для определения потоков мощностей для минимального режима воспользуемся характерным суточным графиком электрических нагрузок для предприятий тяжелого машиностроения (ввиду отсутствия в литературе других схожих):

$$P_{\min 12} = 0,75 \cdot P_{\max 12} = 0,75 \cdot 840,5 = 630,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\min 12} = 0,9 \cdot Q_{\max 12} = 0,9 \cdot 315 = 283,5 \text{ кВАр}$$

#### **Участок 1-2:**

$$R_{12} = \frac{1}{n} \cdot r_{012} \cdot L_{12} = \frac{1}{2} \cdot 0,67 \cdot 0,08 = 0,027 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = \frac{1}{n} \cdot x_{012} \cdot L_{12} = \frac{1}{2} \cdot 0,06 \cdot 0,08 = 0,0024 \text{ Ом}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{630,4 \cdot 0,027 + 283,5 \cdot 0,0024}{10 \cdot 6^2} = 0,05\%;$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{12} = 0,005 \frac{6000}{100} = 0,3 \text{ В}$$

$$U_2 = 6000 - 0,3 = 5999,7 \text{ В}$$

### Участок 2-3:

$$\Delta U_{23} = \beta_m (U_A \cdot \cos \varphi_2 + U_P \sin \varphi_2) + \frac{\beta_m^2}{200} (U_A \sin \varphi_2 - U_P \cos \varphi_2),$$

$$U_A \% = \frac{\Delta P_K}{S_{H.TP.}} \cdot 100\% = \frac{7,6}{630} \cdot 100\% = 1,21\%$$

$$U_P \% = \sqrt{U_K^2 - U_A^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,21^2} = 5,37\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{630,4^2 + 283,5^2}}{2 \cdot 630} = 0,55$$

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 691,2 = 13,82 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 691,2 = 69,12 \text{ кВар}$$

$$P_2' = P_{12} - \Delta P_m = 630,4 - 13,82 = 617 \text{ кВт}$$

$$Q_2' = Q_{12} - \Delta Q_m = 283,5 - 69,12 = 214,4 \text{ кВар}$$

$$S_2' = \sqrt{P_2'^2 + Q_2'^2} = \sqrt{617^2 + 214,4^2} = 653,2 \text{ кВА}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2'}{S_2'} = \frac{617}{653,2} = 0,94$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2'}{S_2'} = \frac{214,4}{653,2} = 0,33$$

$$\Delta U_{23} = 0,55 (1,21 \cdot 0,94 + 5,37 \cdot 0,33) + \frac{0,55^2}{200} (1,21 \cdot 0,33 - 5,37 \cdot 0,94) = 1,6\%$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН:

$$5999,7 - 1,6 \frac{5999,7}{100} = 5904 \text{ В}$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = 380 \frac{5904}{6000} = 374 \text{ В}$$

### Участок 3-4:

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,35 \cdot 0,082 = 0,029 \text{ Ом}$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,082 = 0,005 \text{ Ом}$$

$$P_{34} = P_{III2} \cdot 0,35 = 0,35 \cdot 184,4 = 64,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{34} = Q_{III2} \cdot 0,45 = 0,45 \cdot 78,1 = 35,1 \text{ кВар}$$

$$\Delta U_{34} = \frac{64,5 \cdot 0,029 + 35,1 \cdot 0,005}{10 \cdot (374 \cdot 10^{-3})^2} = 1,47\%;$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{34} = 1,47 \frac{374}{100} = 5,5 \text{ В}$$

$$U_4 = 374 - 5,5 = 368,5 \text{ В}$$

### Участок 4-5:

$$R_{45} = 0,67 \cdot 0,009 = 0,006 \text{ Ом}$$

$$X_{45} = 0,06 \cdot 0,009 = 0,0005 \text{ Ом}$$

$$P_{56} = 0,35 P_{НОМ..№18} = 0,35 \cdot 75 = 26,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{56} = 0,45 \cdot 24,75 = 11,14 \text{ кВар}$$

$$\Delta U_{56} = \frac{26,3 \cdot 0,006 + 11,14 \cdot 0,0005}{10 \cdot (368,5 \cdot 10^{-3})^2} = 0,12\%;$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{56} = 0,12 \cdot \frac{368,5}{100} = 0,44 \text{ В}$$

$$U_6 = 368,5 - 0,44 = 368,06 \text{ В}$$

### Расчет послеаварийного режима:

Расчет производится при условии, что отключен один трансформатор и питание производится по одной линии.

### Участок 1-2:

$$R_{12} = r_{012} \cdot L_{12} = 0,67 \cdot 0,08 = 0,054 \text{ Ом}$$

$$X_{12} = x_{012} \cdot L_{12} = 0,06 \cdot 0,08 = 0,005 \text{ Ом}$$

$$P_{12} = P_{P2} = 840,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{12} = 315 \text{ кВАр}$$

$$\Delta U_{56} = \frac{840,5 \cdot 0,054 + 315 \cdot 0,005}{10 \cdot 6,3^2} = 0,12\%;$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{12} = 0,12 \cdot \frac{6300}{100} = 7,56 \text{ В}$$

$$U_2 = 6300 - 7,56 = 6292,4 \text{ В}$$

### Участок 2-3:

$$U_A \% = \frac{\Delta P_K}{S_{H.TP.}} \cdot 100\% = \frac{7,6}{630} \cdot 100\% = 1,21\%$$

$$U_P \% = \sqrt{U_K^2 - U_A^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,21^2} = 5,37\%$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{840,5^2 + 315^2}}{630} = 1,42$$

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 630 = 12,6 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 630 = 63 \text{ кВАр}$$

$$P_2' = P_{12} - \Delta P_T = 840,5 - 12,6 = 828 \text{ кВт}$$

$$Q_2' = Q_{12} - \Delta Q_T = 315 - 63 = 252 \text{ кВАр}$$

$$S_2' = \sqrt{P_2'^2 + Q_2'^2} = \sqrt{828^2 + 252^2} = 865,5 \text{ кВА}$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2'}{S_2'} = \frac{828}{865,5} = 0,96$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2'}{S_2'} = \frac{252}{865,5} = 0,29$$

$$\Delta U_{23} = 1,42(1,21 \cdot 0,96 + 5,37 \cdot 0,29) + \frac{1,42^2}{200}(1,21 \cdot 0,29 - 5,37 \cdot 0,96) = 3,87\%$$

С учетом потерь в обмотке ВН напряжение ВН:

$$6292,4 - 3,87 \cdot \frac{6292,4}{100} = 6049 \text{ В}$$

Перерасчет напряжения НН:

$$U_3 = 400 \frac{6049}{6300} = 384,1 B$$

**Участок 3-4:**

$$R_{34} = r_{034} \cdot L_{34} = 0,35 \cdot 0,082 = 0,029 Ом$$

$$X_{34} = x_{034} \cdot L_{34} = 0,06 \cdot 0,082 = 0,005 Ом$$

$$P_{34} = P_{III2} = 184,4 кВт$$

$$Q_{34} = Q_{III2} = 78,1 кВАр$$

$$\Delta U_{34} = \frac{184,4 \cdot 0,029 + 78,1 \cdot 0,005}{10 \cdot (384,1 \cdot 10^{-3})^2} = 1,9\%$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{34} = 1,9 \cdot \frac{384,1}{100} = 15 B$$

$$U_4 = 384,1 - 15 = 369,1 B$$

**Участок 4-5:**

$$R_{45} = 0,67 \cdot 0,009 = 0,006 Ом$$

$$X_{45} = 0,06 \cdot 0,009 = 0,0005 Ом$$

$$P_{45} = P_{НОМ. \text{ №32}} = 75 кВт$$

$$Q_{56} = 0,33 \cdot 75 = 24,75 кВАр$$

$$\Delta U_{45} = \frac{75 \cdot 0,006 + 24,75 \cdot 0,0005}{10 \cdot (369,1 \cdot 10^{-3})^2} = 0,34\%;$$

$$\text{Или в вольтах: } \Delta U_{45} = 0,34 \cdot \frac{369,1}{100} = 1,25 B$$

$$U_5 = 369,1 - 1,25 = 367,9 B$$

Результаты расчетов для построения эпюры отклонений напряжения для максимального, минимального и послеаварийного режимов представлены в таблице 8.

Таблица - 8. Расчётные данные для построения эпюры отклонений напряжения

	Максимальный режим	Минимальный режим	Послеаварийный режим
$\Delta U_{12}, \%$	0,06	0,05	0,12
$\Delta U_{12}, B$	3,78	0,3	7,56
$\Delta U_{23} = \Delta U_m, \%$	1,92	1,6	3,87
$\Delta U_{23} = \Delta U_m, B (no BH)$	120,9	96	243,52
$\Delta U_{34}, \%$	1,74	1,47	1,9
$\Delta U_{34}, B$	14,7	5,5	15
$\Delta U_{45}, \%$	0,33	0,12	0,34
$\Delta U_{45}, B$	1,25	0,44	1,25

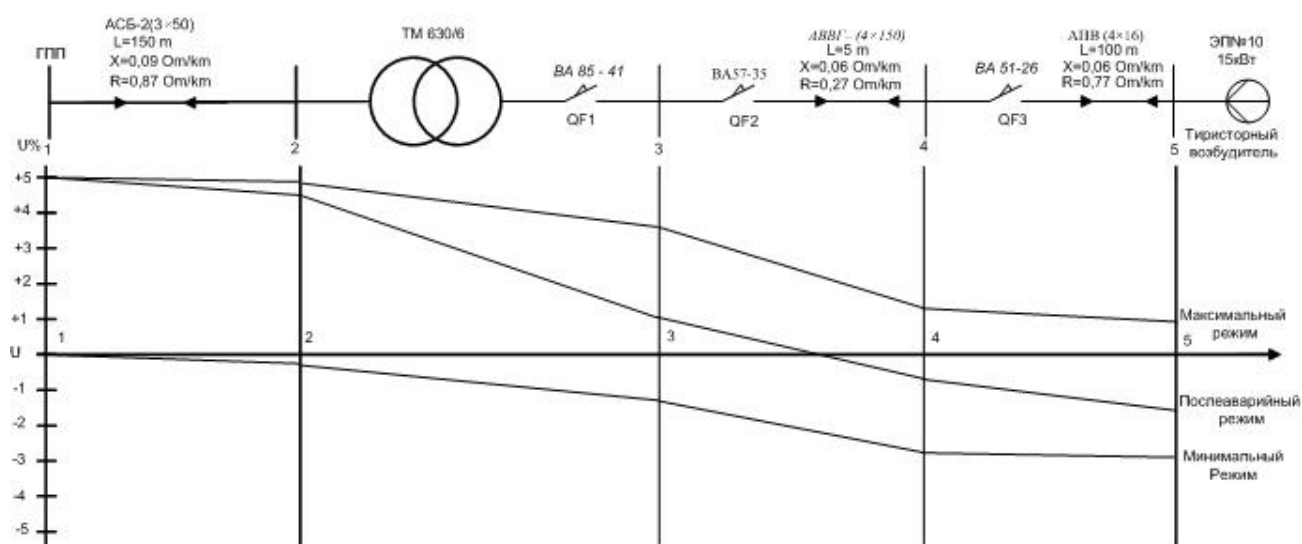


Рисунок 8.1 Эпюра отклонения напряжения в максимальном, минимальном и послеаварийном режимах



## **9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Цель данного раздела – рассмотрение технического проекта с точки зрения его целесообразности и эффективности его использования.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- планирование структуры работ технического проекта;
- определение затрат проектирования;
- определение ресурсоэффективности проекта.

### **9.1. Организация работ технического проекта**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в проектировании системы электроснабжения;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика выполнения проекта.

Для формирования рабочей группы выбираем 2 человек: руководителя и дипломника. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ.

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей приведен в таблице 9.1.

Таблица 9.1. - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ Раб	Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Постановка задачи	Изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу	Руководитель
2	Обзор литературы	Изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу	Дипломник
3	Расчет и проектирования электроснабжения по предприятию	Подбор источников, касающихся расчетов и различных сторон ТП	Дипломник
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Уточнение коэффициентов мощности для каждого электроприемника	Дипломник
5	Выбор числа и мощности трансформаторов с учетом реактивной мощности. Техничко-экономический расчет компенсирующих устройств	Проектирование внутрицехового электроснабжения, выбор трансформаторов. Расчет ТЭПов	Дипломник
6	Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Техничко-экономический расчет мощности батарей статических конденсаторов и выбор мест их установки	Согласование и ознакомление руководителя с принятым решением по созданию схемы электроснабжения	Руководитель Дипломник
7	Расчет внутризаводской сети предприятия	Обоснование принятых решений по расчетам нагрузок цехов	Руководитель Дипломник
8	Проработка схемы внутризаводской сети выше 1кВ	Выбор оптимального варианта по электроснабжению завода	Дипломник
9	Выбор распределительных пунктов в сети выше 1000 В	Выбор оптимального варианта по электроснабжению цеха	Дипломник
10	Расчет схемы электроснабжения компрессорного цеха	Обоснование выбора кабельных линий с учетом категории помещения	Руководитель Дипломник
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Расчет потерь напряжения до самого мощного электроприемника в цеху, построение эпюры отклонений напряжения	Руководитель
12	Построение карты селективности	Расчет селективности с учетом принятой защиты	Дипломник
13	Обработка результатов	Обоснование принятых решений, корректировка и исправление замечаний, подготовка к защите и защита ВКР	Руководитель Дипломник
14	Написание записки	Устранение ошибок дипломником	Руководитель Дипломник
15	Сдача проекта	Размещение в ЭБС	Дипломник

## 9.2. Определение трудоемкости выполнения технического проекта

Задачей расчёта является разработка системы электроснабжения промышленного предприятия и экономическое обоснование принятых решений.

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (10.1)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемая трудоёмкость и время выполнения работ приведены в таблице 9.2.

На основе таблицы 9.2. строим план-график проведения работ (рисунок 9.1). График строится для ожидаемого по длительности исполнения работ в рамках технического проекта с разбивкой по месяцам.

Общая продолжительность выполнения расчетов составила рабочих дней ( $t_{раб}$ ):

Руководитель – 7 дня;

Дипломник – 93 день.

Таблица 9.2. - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№	Основные этапы	Должность исполнителя	Рабочий день		
			минимальная	максимальная	ожидаемая
1	Постановка задачи	Руководитель	1	1	1
2	Обзор литературы	Дипломник	6	9	8
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Дипломник	6	9	9
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Дипломник	7	15	10
5	Выбор числа и мощности трансформаторов с учетом реактивной мощности. Техничко-экономический расчет компенсирующих устройств	Дипломник	7	11	8
6	Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Техничко-экономический расчет мощности батарей статических конденсаторов и выбор мест их установки	Руководитель	1	1	1
		Дипломник	3	6	6
7	Расчет внутривозводской сети предприятия	Руководитель	1	1	1
		Дипломник	5	10	9
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1 кВ. выбора оборудования	Дипломник	4	7	5
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В	Дипломник	3	7	6
10	Расчет схемы электроснабжения компрессорного цеха	Руководитель	1	1	1
		Дипломник	9	12	10
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Руководитель	1	1	1
		Дипломник	4	6	5
12	Построение карты селективности	Дипломник	2	5	3
13	Обработка результатов	Руководитель	2	2	2
		Дипломник	9	13	8
14	Оформление записки	Дипломник	3	8	5
15	Сдача проекта	Дипломник	1	1	1

Рисунок 9.1. – План-график проведения работ

№ этапа работ	Вид работ	Исп-ли	Прод-ть одной работы дн.	Продолжительность выполнения работ по декадам										
				Фев.	Март			Апрель			Май			Июнь
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Ознакомление с производственной документацией. Постановка задачи работникам.	Р	1	<div></div>										
2	Обзор литературы	Д	8	<div></div>	<div></div>									
3	Расчет электрических нагрузок по предприятию	Д	9		<div></div>	<div></div>								
4	Построение картограммы нагрузок и определение ЦЭН	Д	10			<div></div>	<div></div>							
5	Выбор числа и мощности трансформаторов с учетом реактивной мощности. Технико-экономический расчет компенсирующих устройств	Д	8				<div></div>							
6	Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Технико-экономический расчет мощности батарей статических конденсаторов и выбор мест их установки	Д	6				<div></div>							
		Р	1				<div></div>							
7	Расчет внутризаводской сети предприятия	Д	9					<div></div>	<div></div>					
		Р	1					<div></div>						
8	Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1 кВ. выбора оборудования	Д	5						<div></div>	<div></div>				
9	Выбор электрооборудования в сети выше 1000 В	Д	6							<div></div>	<div></div>			
10	Расчет схемы электроснабжения компрессорного цеха	Д	10							<div></div>	<div></div>			
		Р	1								<div></div>			
11	Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В	Д	5								<div></div>	<div></div>		
12	Построение карты селективности	Д	3									<div></div>	<div></div>	
13	Обработка результатов	Р	2									<div></div>	<div></div>	
		Д	8									<div></div>	<div></div>	
14	Составление расчетно-пояснительной записки	Р	1										<div></div>	
		Д	5										<div></div>	
15	Сдача проекта	Д	1											

### 9.3. Определение сметы проекта

В смету проекта включаются затраты на финансирование деятельности исполнителей: заработная плата всех работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данному проекту, отчисления во внебюджетные фонды, а также накладные расходы .

#### 9.3.1. Заработная плата исполнителей проекта

В полную заработную плату исполнителей включается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$З_{зн} = З_{осн} + З_{доп} \quad (10.2)$$

где  $З_{осн}$  - основная заработная плата;

$З_{доп}$  - дополнительная заработная плата (15 % от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \quad (10.3)$$

где  $З_{осн}$  - основная заработная плата одного работника;

$З_{дн}$  - среднедневная заработная плата работника, руб.

$T_p$  - продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = (З_{тс} + З_{допл} + З_{п.к}) / F_{\partial} \quad (10.4)$$

$З_{тс}$  - заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{допл}$  - доплаты и надбавки, руб.;

$Z_{p.k.}$  - районный коэффициент, руб;

$F_0$  - количество рабочих дней в месяце (22 при 5-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведен в таблице 10.3.

Таблица 9.3. - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб	Доплата, руб	Доплата с учетом районного коэффициента, руб	Месячный оклад работника, руб	Среднедневная заработная плата, руб	Продолжительность, дн	Основная заработная плата, руб
Руководитель	29744	2200	9580	41527	1597	7	11180
Дипломник	8000	-	2400	10400	400	93	37200

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (10.5)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным (0,12 – 0,15)).

Расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 10.4.

Таблица 9.4. Расчёт полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Полная заработная плата, руб
Руководитель	0,15	11180	1220	12800
Дипломник	0,12	37200	4461	41700
Итого:				54500

### **9.3.2.Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

В страховых расходах отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (Г1Ф) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = K_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}) \quad (10.6.)$$

где  $K_{внеб}$  - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2016 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212- ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб} = 0.302 * 54,5 = 16,5 \text{ тыс.руб.}$$

### **9.3.3. Накладные расходы**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и и т.д. Их величина составляет 16% от общей суммы затрат.

Результаты расчетов по затратам на полную заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы и структура затрат приведена в таблице 9.5.



Таблица 9.5. Расчет сметы проекта

№	Наименование затрат	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
1	Полная зарплата	54,5	64,0
2	Отчисления во внебюджетные фонды	16,5	20,0
4	Накладные расход	14,0	16,0
5	Итого:	85,0	100,0

Общая сумма затрат проекта по принятому варианту исполнения составляет 85,0 тыс. руб.

#### 9.3.4. Расчет стоимости технических средств

Для реализации электроснабжения насосного цеха требуются технические средства.

В качестве затрат принимаются затраты на закупку:

- трансформаторов для главной понизительной подстанции
- выключателей для подстанции
- кабеля с учетом условий прокладки
- транспортно-заготовительные расходы

Стоимость технических средств сведена в таблице 10.6

Таблица 9.6. - Расчет стоимости технических средств

Наименование	Кол-во, шт.	Цена, руб.	Стоимость, тыс.руб.
Трансформатор ГПП ТДНС-110/10	2	5975000	11950
Трансформаторы КТП ТМ-10/0,4	2	3200000	6400
Контрольный кабель КВВГНГ-LS 4*1.5-0.38кВ	1	3000	3
Силовой кабель АСБл-10 3*120	2	9000	18
Выключатель ВВ/TEL-10-31,5-1600	2	235000	460
Итого:			18830

Стоимость технических средств учитывает затраты предприятия на их транспортировку и рассчитывается по формуле:

$$TЗР = C_{mc} \cdot \kappa_{тзр}; \quad (10.7.)$$

где  $C_{mc}$  – суммарная стоимость технических средств

$\kappa_{тзр}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаемый  $\kappa_{тзр}=1,1$ .

$$TЗР = 18,9 \cdot 1,1 = 20,8 \text{ млн.руб.}$$

Для реализации электроснабжения цеха насосного отделения проектом предусмотрена закупка оборудования на сумму 20,8 млн. руб.

Для осуществления электроснабжения используются кабельные линии разного сечения и типа изоляции.

Длина кабельных линий, тип кабельных линий, условия их прокладки приведены в таблице 9.7.

Таблица 9.7. Расчет стоимости кабельных линий.

Вид кабеля	Длина линии, км	Условия прокладки	Цена кабеля, руб/км	Цена изолирующего материала, руб/км	Общая стоимость, тыс.руб.
Кабель марки АПвП (ГПП-КТП)	1,2	В траншее	23500	-	28,2
Кабель марки АПВ (КТП-ПР)	1,0	В канале	17900	7640	25,5
Кабель марки АПВ (ПР-ЭП)	2,1	В канале	13600	7470	44,3
Итого					98,0

Стоимость кабельных линий учитывает затраты предприятия на их транспортировку и рассчитывается по формуле:

$$TЗР = C_{кл} \cdot \kappa_{тзр}; \quad (3.8)$$

где  $C_{кл}$  – суммарная стоимость кабельных линий

$\kappa_{тзр}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, принимаемый  $\kappa_{тзр}=1,1$ .

$$TЗР = 98 \cdot 1,1 = 107,8 \text{ тыс.руб.}$$

Сумма затрат на покупку всего оборудования с учетом их количества и кабельных линий, включая затраты на транспортировку приведена в таблице 9.8.

Таблица 9.8. Суммарная стоимость всего оборудования

Наименование	Стоимость млн,руб	Структура, %
Технические средства	20,8	99,5
Кабельные линии	0,1	0,5
Итого:	20,9	100

Для реализации электроснабжения цеха насосного отделения проектом предусмотрена закупка оборудования на сумму 20,9 млн. руб.

#### 9.4.Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где  $I_{pi}$  - интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  - весовой коэффициент разработки;

$b_i$  - балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к системе электроснабжения промышленных предприятий:

Надежность: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

Обеспечение надлежащего качества электроэнергии: качество электроэнергии, удовлетворяющее требованиям ГОСТ 13109-97.

Безопасность: обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;

Простота и удобство в эксплуатации: возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам электрооборудования на предприятии.

Экономичность: оптимизация затрат на электрическую часть предприятия на стадии проектирования приводит к их уменьшению на доли процентов, в абсолютном же измерении речь идет об экономии значительных средств.

Гибкость: возможность частых перестроек технологии производства и развития предприятия.

Энергоэффективность: использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Весовые коэффициенты характеристик проекта приведены в таблице 9.10.

Таблица 9.10. Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1.Надежность	0,20	5
2.Обеспечение надлежащего качества электроэнергии	0,18	5
3. Безопасность	0,15	5
4.Простота и удобство эксплуатации	0,7	5
5.Экономичность	0,15	4
6.Гибкость	0,10	4
7. Энергоэффективность	0,15	4
Итого	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_p = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,18 + 5 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,07 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 4,6$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы.

В данном разделе выпускной квалификационной работы была рассчитана сумма затрат на проектирование системы электроснабжения цеха в размере 85 тыс.руб

- разработан график занятости для исполнителей позволяющей оптимально скоординировать работу исполнителей.
- рассчитана смета затрат на выполнение технического проекта, которые составили 20,9 млн. руб.
- определен показатель ресурсоэффективности проекта, который имеет достаточно высокое значение – 4,65 ( по 5- балльной шкале).

## **10. Социальная ответственность**

### **Введение**

Охрана труда это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Задача охраны труда – свести к минимальной вероятности поражения или заболевания работающего с одновременным обеспечением комфорта при максимальной производительности труда. Выполнение правил и норм по охране труда обеспечивает необходимую электробезопасность, пожаро- и взрывобезопасность электроустановок, комфортную среду на рабочих местах операторов, ведущих производственный процесс, и работников, обслуживающих производственные установки. Одним из важнейших нормативных документов по охране труда является «Система стандартов безопасности труда» (ССБТ), представляющая собой комплекс взаимосвязанных стандартов, направленных на обеспечение безопасности труда. В нашей стране государство направляет средства на проведение мероприятий по охране здоровья трудящихся и в частности на обеспечение техники безопасности и производственной санитарии. Мероприятия, связанные с созданием безопасных условий труда осуществляется в плановом порядке.

В данном разделе приведем краткий анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации насосного цеха и внутризаводской сети.

Особенно уделим внимание состоянию микроклимата и условиям оптимального освещения.

Так же разработаем технические и организационные мероприятия по защите от воздействия опасных и вредных факторов, выявленных в первой части раздела.

При разработке мероприятий более детально на инженерном уровне обратим внимание на освещение в помещении ОПУ ГПП-110/6кВ. Так же выявим возможные причины возникновения пожаров и учтем эффективные меры борьбы с ними.

### **10.1 Анализ опасных и вредных факторов цеха насосного отделения**

Опасным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях человека приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья.

В рассмотренном корпусе насосного цеха имеются следующие опасные факторы:

1. Быстровращающиеся части агрегатов и механизмов;
2. Возможность поражения электрическим током.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. В данных помещениях имеются следующие вредные факторы:

1. Наличие повышенного уровня шума при работе разнообразного оборудования и механизмов;
2. Недостаточная освещенность;
3. Наличие вредных примесей в воздухе, которые образуются при работе основного оборудования цеха – это испарением масла и пыль.
4. Микроклимат;
5. Электромагнитное излучение;

## **10.2 Техника безопасности**

Техника безопасности - это система организационных и технических мероприятий, предотвращающих воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов.

### **103 Электробезопасность**

ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» устанавливает предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, предназначенные для проектирования способов и средств защиты людей, при взаимодействии их с электроустановками производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц.

Электроустановкой называется совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования, предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи и распределения электроэнергии.

Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются по ПУЭ на установки выше 1000 В и установки ниже 1000 В. В насосном цехе имеются вращающиеся машины напряжением 6000В и цепи с напряжением 0,4 кВ.

Данный цех относится к первому классу электрической безопасности

Так как оно достаточно сухое влажность 40-50%, отапливаемое температура 18-20 градусов, полы выложены мозаичной плиткой которая не проводит электрический ток.

В проектируемом цехе, есть возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям здания, имеющего соединения с землей, технологическими аппаратами и механизмами с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования.



Основные факторы, определяющие опасность поражения:

- электрическим током;
- электрическое сопротивление тела человека;
- величина напряжения и тока;
- продолжительность воздействия электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- род и частота электрического тока;
- условия внешней среды и состояние человека.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановок переменного тока частотой 50 Гц: напряжение 2В, ток 0.3 мА.

Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов при аварийном режиме производственных электроустановок напряжения до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью не должны превышать значений, указанных в таблице 10.1

Таблица - 10.1 Зависимость длительности протекания тока через тело человека от его величины

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t, с							
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	С.в1,0
Переменный 50 Гц	U, В I, мА	340	135	105	85	75	70	60	20
		400	160	125	90	75	65	50	6

Допустимым следует считать ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока и сопротивления кожи человека: при длительности действия более 10 безопасный ток принят - 1 мА,

На проектируемой пром. площадке наиболее частыми являются поражения током, вызванные:

1. Случайным прикосновением или приближением на опасное расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

2. Появлением напряжения на металлических конструктивных частях электрического оборудования (корпусах, кожухах и т.п.) в результате повреждения изоляции и других причин.

3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного действия персонала.

Стандарт ГОСТ 12.1.019–79 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования номенклатура видов защиты» устанавливает общие требования по предотвращению опасного и вредного воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитного поля, а также номенклатуру видов защиты работающих от воздействия указанных факторов.

Электробезопасность на производстве обеспечиваться:

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

Конструкции электроустановок и их части выполнены таким образом, что работники не подвергаются опасным и вредным воздействиям электрического тока и электромагнитных полей, что соответствует требованиям электробезопасности.

Основными техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок на площадке является:

- электрическая изоляция токоведущих частей (согласно ПУЭ, сопротивление изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм).
- ограждение;
- сигнализация и блокировка;

- использование малых напряжений;
- электрическое разделение сети;
- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное отключение;
- средства индивидуальной защиты и защитные средства.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с государственным стандартом (средства защиты головы, глаз и лица, рук, органов дыхания, от падения с высоты, одежда специальная защитная) Делят на основные и дополнительные выше 1000В и до 1000В

Основные изолирующие электрозащитные средства для электроустановок напряжением до 1000 В:

- изолирующие штанги;
- изолирующие клещи;
- указатели напряжения;
- электроизмерительные клещи;
- диэлектрические перчатки;
- комплект ручного изолирующего инструмента.

Дополнительные изолирующие электрозащитные средства для электроустановок напряжением до 1000 В:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические ковры и изолирующие подставки;
- изолирующие колпаки, покрытия и накладки;
- лестницы приставные, стремянки изолирующие стеклопластиковые.

Согласно межотраслевым правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Для обеспечения безопасности работ в действующих электроустановках выполняются следующие организационные мероприятия:

- назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ;
- оформление наряда или распоряжения на производство работ;
- осуществление допуска к проведению работ;
- организация надзора за проведением работ;
- оформление окончания работы, перерывов в работе, переводов на другие рабочие места;

Конкретные перечни работ, которые должны выполняться по наряду или распоряжению устанавливаются в отраслевой нормативной документации.

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;
- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;
- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;
- наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);
- вывешены указательные плакаты "Заземлено", ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

Распределительные устройства подстанций выполнены согласно ПУЭ 4,2 «Распределительные устройства и подстанции». Подстанции должны быть

укомплектованы также противопожарным инвентарем. В РУ и в камерах трансформаторов установлены ящики с песком, а также огнетушители марок ОУ и ОП. Двери камер трансформаторов выполнены трудносгораемыми (обшиты текстолитом).

### **16.6 Микроклимат**

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- Температура воздуха  $t$ ,
- Относительной влажностью  $Y, \%$
- Интенсивность теплового излучения  $I, \text{Вт/м}^2$ ;
- Предельно допустимая концентрация веществ ПДК;
- Скоростью движения ветра  $U, \text{м/с}$ .

Таблица 10.6.1 - Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Период года	Категория работ	Температура воздуха, t оС		Температура поверхности  t оС	Относительная влажность  φ,%	Скорость движения воздуха v, м/с	
		Диапазон  ниже  ОПТИМАЛЬНЫХ  величин				Если  $t^0 < t_{opt}^0$	Если  $t^0 > t_{opt}^0$
Холодный	Па	17,0- 19,0	21,1- 23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
Теплый	Па	18,0- 19,9	22,1- 27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

### 10.7 Защита от шума и его нормирование

При нормировании шума используют два метода: нормирование по предельному спектру шума; нормирование уровня шума в дБА. Таким образом, шум на рабочих местах не должен превышать допустимых уровней, значение которых приведены в ГОСТ 12.1003-83. Поэтому для ЗРУ, с учетом того, что возможно речевая связь по телефону, допустимый уровень звукового давления в активной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц есть 60 дБА, а допустимый уровень звука 85 дБА. Установленные трансформаторы 10000 кВА создают уровень звука 65 дБА, что в пределах нормы.

Шум определяется следующими основными параметрами:

- уровень звукового давления А, дБ;

- интенсивность звука  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>;
- уровень звука  $L$ , дБА

Строительные нормы и правила предусматривают защиту от шума строительно-акустическими методами, при этом для снижения уровня шума предусматриваются следующие меры:

- установка в помещениях звукопоглощающих конструкций и экранов;
- звукоизоляция ограждающих конструкций;
- уплотнения по периметру притворов окон, дверей и ворот;
- звукоизоляция мест пересечения ограждающих конструкций с инженерными сооружениями;

### **10.8 Защита от электромагнитных полей**

Источниками электромагнитных полей могут являться воздушные и кабельные линии, коммутационные аппараты, трансформаторы тока и напряжения, и устройства защиты и автоматики

Основная опасность заключается, что увидеть и почувствовать электромагнитные поля невозможно.

Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 допустимые уровни напряженности и длительность пребывания работающих без средств защиты в электрическом поле таковы:

Менее 5кВ/м – без ограничений

от 5 кВ/м до 10 кВ/м – не более 2 часов

от 10 кВ/м до 15 кВ/м – не более 90 минут

от 15кВ/м до 20кВ/м – не более 10 минут

от 20 кВ/м до 25кВ/м – 5 минут

от 25кВ/м и более – без защитных средств не допускается.

Для уменьшения допустимого значения, возможны установки экранирующих устройств, применение специальных средств индивидуальной

защиты, рациональное размещение оборудования и удаление рабочего места от источника ЭМП.

### **10.9 Производственное освещение**

Производственное рациональное освещение территории предприятия, производственных помещений и рабочих мест имеет весьма важное гигиеническое значение. Оно обеспечивает труд, делает движение рабочего уравновешенными, снижает опасность травматизма. Недостаточная или неправильная освещенность территории, дорог, установок, лестниц может привести к падению рабочих и к несчастным случаям.

Освещение производственных объектов может быть естественным и искусственным. Искусственное освещение в производственных помещениях должно удовлетворять нормам, предусмотренным СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение». Освещение в производственных помещениях определяется следующими основными параметрами:

- световой поток  $\Phi$ , лм;
- сила света  $I$ , кд;
- освещенность  $E$ , лк;
- яркость  $L$ , кд/м<sup>2</sup>.

Основные требования к рабочему освещению:

- освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительных работ;
- необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности;
- должна быть оптимальная направленность светового потока;
- все элементы осветительных установок должны быть электробезопасны и не должны быть причиной возникновения пожаров и взрывов;
- установка должна быть удобной и простой в эксплуатации.



В цехе предусмотрено четыре системы освещения:

- общее;
- аварийное;
- эвакуационное;
- ремонтное.

Предусмотрено, что аварийное освещение представляет  $\approx 30\%$  общего.

Освещение помещений предусматривается применением светильников с люминесцентными лампами 4х40 Вт в защите IP 54.

Вдоль всех главных коридоров, лестничным клеткам и над пожарным краном, предусмотрены эвакуационные светильники показывающие выход. Данные светильники оборудованы аккумуляторными батареями и приборами автоматики, так что при исчезновении напряжения в сети, автоматически включаются с помощью собственного источника питания. В этом случае обеспечивают уровень освещенности 2 люкса в течение 1,5 часа.

Ремонтное освещение предусматривается в технических помещениях, и осуществлено переносными светильниками напряжением питания 36 В. Светильники подключаются с помощью штепсельной розетки, которая размещена в отдельном корпусе вместе с трансформатором 220/36В.

В производственных помещениях со зрительной работой I—III разрядов следует устраивать совмещенное освещение. Допускается применение верхнего естественного освещения в крупнопролетных сборочных цехах, в которых работы выполняются в значительной части объема помещения на разных уровнях от пола и на различно ориентированных в пространстве рабочих поверхностях. При этом нормированные значения КЕО принимаются для разрядов I—III соответственно 10, 7, 5 %.

Нормы общей минимальной освещенности в люкс (ЛК) производственных объектов: Нормирование освещенности производится в соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

- двигатели, станки	13
- лебёдка	15
- шкафы контрольно-измерительных приборов в помещениях и на наружных установках	50
- эстакады	5
- механические мастерские	50

В нашем случае ТП имеет только искусственное освещение, которое выполнено лампами накаливания и согласно нормам СНиП 23-05-95 освещенность для работ с малой точностью с наименьшим объектом различения от 1 до 5мм должна составлять  $E_n = 150$  ЛК.

#### **10.10 Рассчитаем искусственную систему освещения насосного цеха.**

Воспользуемся методом коэффициента светового потока.

Исходные данные компрессорного цеха:

Помещение с размерами: длина  $A = 70$  м, ширина  $B = 55$  м, высота  $H = 7,0$  м. Высота рабочей поверхности  $h_p = 0,8$  м.

Расстояние светильников от перекрытия (свес) принимаем:  $h_c = 1$  м

Высота светильника над полом, высота подвеса:  $h_n = H - h_c = 7 - 1 = 6$  м  
(14.1)

Расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью:

$$H_p = h_n - h_p = 6 - 0,8 = 5,2 \text{ м} \quad (14.2)$$

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda = L/h$ , уменьшение которой удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости.  $\lambda$  определяем по [20 , таблица 4]:  $\lambda = 1,3$ , для светильников с защитной решёткой

$$\text{Расстояние между светильниками: } L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 5,2 = 6,76 \text{ м} \quad (14.3)$$

Оптимальное расстояние  $l$  от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать:  $l = L/3 = 6,76 / 3 = 2,25$  (м) (14.4)

Размещаем светильники в  $m = 8$  рядов. В каждом ряду можно установить 36 светильников типа ОД-2-80 мощностью 80 Вт (с длиной 1,531м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 30 см. Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $n = 576$ .

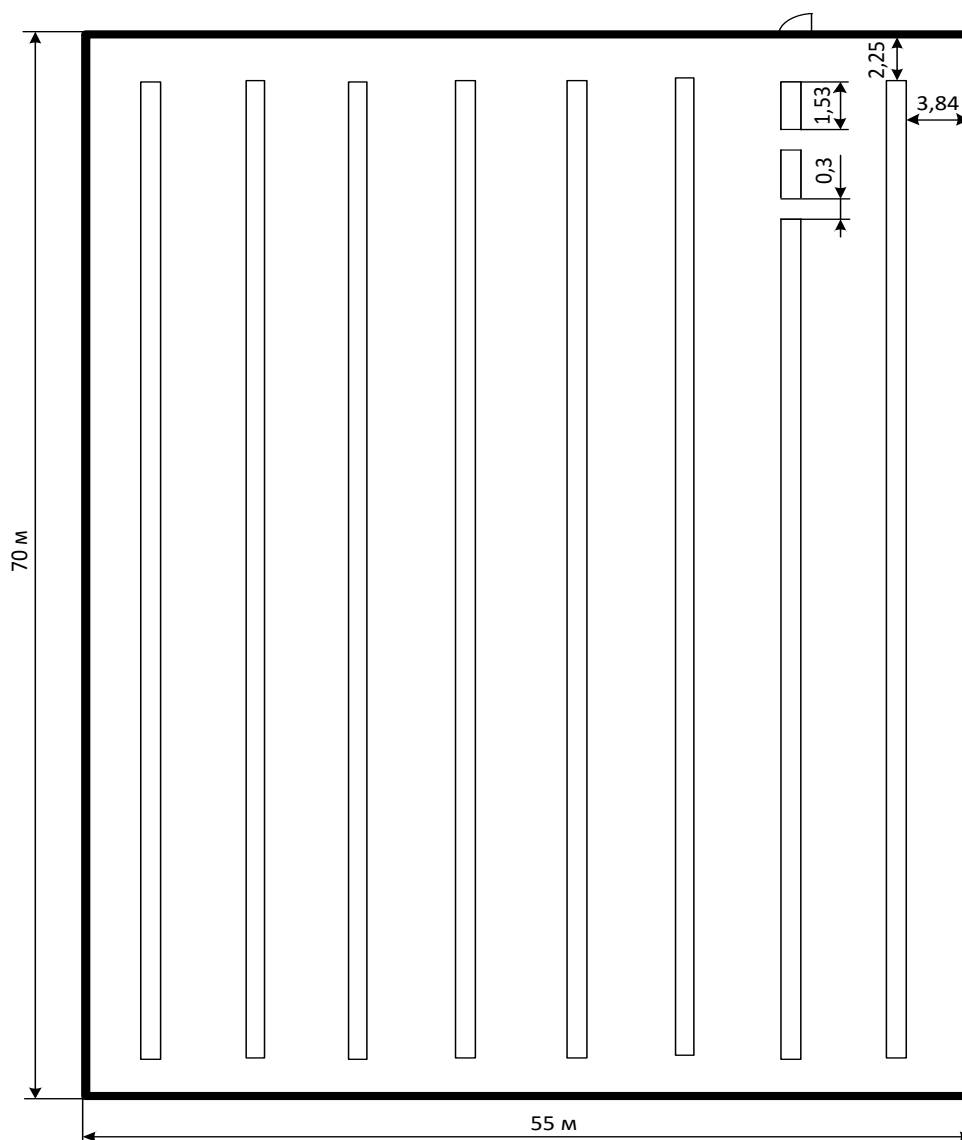
Фактическое расстояние  $l$  от крайних рядов светильников до стены с учетом выбранного количества рядов:  $l = \frac{B - L \cdot (m - 1)}{2} = \frac{55 - 6,76 \cdot (8 - 1)}{2} = 3,84 \text{ м}$   
(14.5) Так как расчёт выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен, находим индекс помещения:

$$i = \frac{S}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{70 \cdot 55}{5,2 \cdot (70 + 55)} = 5,9 \quad (14.6)$$

По [20, таблица 7] принимаем значение коэффициентов отражения потолка и стен:  $\rho_p = 30\%$ ,  $\rho_{ст} = 30\%$ .

По [20, таблица 8] определяем коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,66$$



План размещения светильников.Рисунок 10.1

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{n \cdot \eta} \quad (14.7)$$

где  $E_n$  – нормируемая минимальная освещённость,  $E_n=200$  лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $S=3850$  м<sup>2</sup>;

$K_z$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр, т.е. отражающих

поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма, пыли), определяем по [20, таблица 6]:  $K_3=1,8$ ;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{ср.} / E_{min}$ .

Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

$n$  – число светильников,  $n=576$ ;

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 3850 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{576 \cdot 0,66} = 4010,4 \text{ Лм}$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

По [20, таблица 1] выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛД 80 Вт с потоком 4300 лм. Делаем проверку выполнения условия(14.8):

$$\begin{aligned} -10\% \leq \frac{\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}}{\Phi_{л.станд}} \cdot 100\% &\leq +20\% \\ -10\% \leq \frac{4300 - 4010,4}{4300} \cdot 100\% &\leq +20\% \end{aligned}$$

$$-10\% \leq 6,7\% \leq +20\%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 576 \cdot 80 = 46,08 \text{ кВт} \quad (14.9)$$

### 10.11 Пожарная безопасность

Также источником пожарной опасности является маслonaполненное оборудование.

В электроснабжении рассматриваемого объекта применяются кабели с ПВХ изоляцией. В силовых трансформаторах имеется возможность межвиткового КЗ, в результате которого изоляция быстро разлагается с выделением горючих газов.

Учитывая пожарную опасность электроустановок ПУЭ (глава 4.2) устанавливает ряд специальных требований к электрооборудованию при проектировании и монтаже. Кроме того, в соответствии с Федеральным

Законом от 22.07.2008 г. № 123 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» помещения по пожарной и взрывоопасности делятся на различные категории.

Для правильного выбора электрооборудования необходимо определить класс зоны пожарной опасности в которой оно устанавливается.

По ПУЭ, рассматриваемый объект можно отнести к зоне класса Р1. Это зона, в которой содержатся горючие жидкости (трансформаторное масло).

Поэтому согласно [6] применяемое электрооборудование должно иметь степень защиты IP44.

### **10.12 Средства пожаротушения**

Для тушения пожара широко применяются различные химические средства, с помощью огнетушителей.

Например: углекислотные огнетушители типов ОУ-5, ОУ-8 и порошковые огнетушители типа ОП-4, ОП-8, предназначенные для тушения возгорания различных материалов и электроустановок. Согласно ПУЭ при сдаче в эксплуатацию помещения

Мероприятия по пожарной профилактики разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

План эвакуации персонала в случае пожара из здания насосного отделения приводим на рис.10.12.1

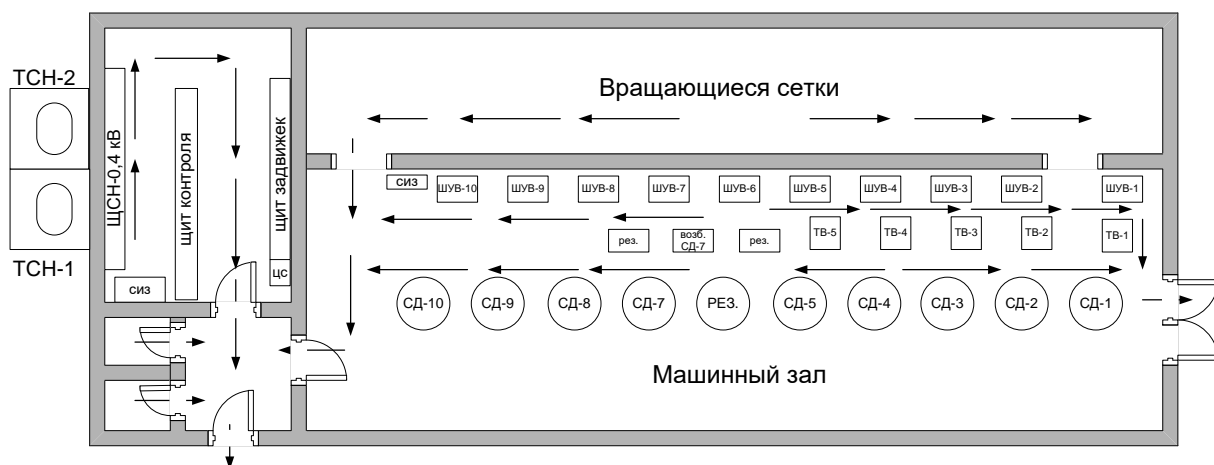


Рис.10.12.1 План эвакуации персонала из здания насосного отделения в случае пожара.

### 10.13 Экология и охрана окружающей среды

#### 10.14 Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация — это состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и природной среде.

Под источником чрезвычайных ситуаций понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, широко распространенные инфекционные болезни людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также применение современных средств поражения в результате чего происходит или может произойти ЧС

- В целях обеспечения бесперебойной работы в случае ЧС, на нашем предприятии предусмотрено питание от двух независимых источников электроэнергии.

- Для снижения опасности взрыва, применяют вентиляционные установки и сигнализации.

- Для защиты от прямых ударов тока установлена молниезащита.

- Для снижения вероятности пожара предусмотрена автоматическая пожарная сигнализация и первичные средства пожаротушения.

Ликвидация последствий стихийных бедствий организуется специально созданными чрезвычайными комиссиями под руководством специально обученных специалистов. Для непосредственного осуществления мероприятий по гражданской обороне и проведения спасательных и неотложных работ, на предприятиях организуются службы ГО. Важным условием быстрой и качественной ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, является соблюдение общественного порядка. Персонал предприятия должен выполнять все требования руководителя спокойно и без паники.

#### **10.15 Мероприятия, обеспечивающие безопасное ведение технологического процесса**

Для обеспечения безопасной работы на промышленной площадке АО «ПО ЭХЗ», требуется соблюдать следующие правила:

- ведение технологического процесса осуществлять в строгом соответствии с требованиями данного технологического регламента;

- во избежание возможного образования взрывоопасных концентраций паров нефти и газов необходимо обеспечить герметичность трубопроводов и аппаратов;

- насосные должны иметь общую обменную вентиляцию, обеспечивающую чистоту воздуха;

- в насосных и технологических площадках должен быть осуществлен автоматический контроль до взрывоопасных концентраций обрабатываемых веществ;



### **Заключение.**

В первом этапе проекта определены расчетные электрические нагрузки насосного отделения и расчетные электрические нагрузки площадки АО «ПО ЭХЗ» в целом.

По результатам расчета электрических нагрузок построена картограмма нагрузок и определён центр электрических нагрузок предприятия. Вследствие ограниченного свободного места размещение ГПП принято вблизи ЦЭН.

На ГПП установлены два двухобмоточных трансформатора с РПН, марки ТДН-40000/110. По результатам технико-экономических расчетов выбраны номинальная мощность трансформаторов ГПП и напряжение питающей линии. На стороне 110 кВ ГПП принята схема в виде двух блоков с выключателями и автоматической перемычкой. На стороне 6 кВ ГПП используется одинарная система шин с секционным выключателем и устройством АВР.

Электроснабжение предприятия осуществляется от подстанции «Камала» по воздушным ЛЭП,  $U_n = 110$  кВ,  $L = 2.5$  км, выполненным проводом АС-95 на стальных двухцепных опорах.

В разделе проектирования системы внутрицехового электроснабжения рассчитана схема силовой сети насосного отделения. Электроснабжение цеха осуществляется по радиальной схеме. Электроприёмники цеха запитываются от распределительных пунктов кабелями с медными жилами с изоляцией ПВХ пластикат марки ВВГ, по коробам. Защита электроприемников и кабельных линий осуществляется автоматическими выключателями марки ВА. После выбора силового оборудования и расчета токов короткого замыкания в сети 0,38 кВ, построена карта селективности действия аппаратов защиты. Также рассчитаны и построены эпюры отклонения напряжения для максимального, минимального и послеаварийного режимов. Из построенной карты селективности видно, что защитное оборудование выбрано правильно и грамотно, селективность действий аппаратов защиты не будет нарушено. По эпюрам отклонения напряжения видно, что во всех режимах на зажимах

электроприемников поддерживается напряжение в нормально допустимых пределах, установленных ГОСТ 13109-97.

В разделе релейной защиты, рассмотрены защиты трансформаторов ГПП, где определены невозможность применения дифференциальной отсечки на трансформаторе, а применения дифференциальной токовой защиты трансформатора.

В экономической части произведен расчет сметы расходов на покупку и монтаж электрооборудования, а также смета на разработку проекта.

В разделе производственной и экологической безопасности произведен анализ опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть в процессе работы производства. Рассмотрены вопросы производственной санитарии, пожарной безопасности, и произведен расчет искусственного освещения цеха.

По приведенным в процессе проектирования расчетам и проверкам, можно сделать вывод, что проектируемая система электроснабжения площадки подготовки и перекачки нефти соответствует всем требованиям и параметрам, и вследствие чего пригодна к разработке и эксплуатации.

## Список литературы

1. Расчет и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учебное пособие/ Кабышев А.В., Обухов С.Г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006- 248с.
2. Электроснабжение промышленных предприятий. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 100400 «Электроснабжение»/ Сост.А.И. Гаврилин, С.Г.Обухов, А.И. Озга; ТПУ-Томск, 2001.-94с.
3. Справочник по проектированию электрических сетей. Под редакцией Д.Л. Файбисовича. – М.: изд-во НЦ ЭНАС, 2005 – 320с.
4. Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008.
5. Внутрицеховое электроснабжение: Учебное пособие/ Мельников М.А..- Томск: Изд. ТПУ, 2002.- 143с.
6. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Т.Н. Барченко, Р.И. Закиров – томск, изд.ТПИ им С.М. Кирова 1988. – 96с.
- 8.Электрические аппараты. Справочник. И.И. Алиев, М.Б. Абрамов – М.: РадиоСофт. – 255с.
9. Справочник по проектированию электроэнергетических систем/ В.В. Ершевич, А.Н. Зейлигер, Г.А. Илларионов и др.; под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 352с.
10. Правила устройства электроустановок /Министерство топлива и энергетики РФ. – 7-е изд., перераб и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 632 с.: ил.
11. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. -648с.

12. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / М.А. Мельников – Томск: Изд-во ТПУ, 2008 – 218с.

13. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учебник для вузов по специальности «Электроснабжение» - 3-е издание – Москва, 1991. – 496с.

14. Монтаж электрических установок: Соколов Б.А., Соколова Н.Б. – 3-е изд., перераб. и доп. – М., Энергоатомиздат, 1991. – 592 с.: ил.

15. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей: О.Б. Назаренко.. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 15 с.

16. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. – 4-е изд.-М.:Энергоатомиздат, 1989.-608с.

16. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.

17. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2003 РД 153-34.0-03.150-00.

18. ГОСТ 12.4.007-76 ССБТ Вредные вещества. Классификационные и общие требования безопасности.

19. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ Шум. Общие требования безопасности.

20. СанПиН 2.2.4\2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жил.застройки.

21. ГОСТ 12.1.002-84.ССБТ. Электрические поля промышленной частоты.

22.НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

23.СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

24. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

25.ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».

26.Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».